

SKRIPSI

PENGUNAAN PASIR PANTAI DAN *ULTRAFINE PALM*
***OIL FUEL ASH (UPOFA)* TERHADAP SIFAT MEKANIK**
DAN DAYA TAHAN BETON



Disusun Oleh :

MUH. YUSRAN
D01 21 050

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
SULAWESI BARAT
MAJENE

2025



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
FAKULTAS TEKNIK**

Alamat : Kampus Padhang-Padhang Banggae Timur Majene Sulawesi Barat
Website ://ft.unsulbar.ac.id Instagram : ft_universitas Sulawesi Barat

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUNAAN PASIR PANTAI DAN *ULTRAFINE PALM OIL FUEL ASH*
(UPOFA) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DAYA TAHAN BETON**

TUGAS AKHIR

Oleh

MUH. YUSRAN

NIM: D0121050

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik (S.T)

Tanggal 25 Maret 2025

Menyetujui,

Tim Pembimbing,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Eng. Ir. Amry Dasar, ST., M.Eng
NIP. 19880115 201903 1 006

Amalia Nurdin, S.T., MT.
NIP. 19871212201903 2 017

Mengetahui,

Ketua Jurusan

Dekan Fakultas Teknik

Amalia Nurdin, ST., MT
NIP. 19871212 201903 2 017

Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T
NIP. 19640405 199003 2 002

ABSTRAK

PENGUNAAN PASIR PANTAI DAN ULTRAFINE PALM OIL FUEL ASH (UPOFA) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DAYATAHAN BETON

MUH. YUSRAN

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat (2024)

muhyusrand0121050@gmail.com

Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh Ultrafine Palm Oil Fuel Ash (UPOFA) terhadap sifat mekanik dan daya tahan beton. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 7, 28, dan 56 hari dengan variasi UPOFA 10%, 20%, dan 30%. Hasil menunjukkan peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari, namun terjadi penurunan pada umur 28 hari dibandingkan beton normal. Pada umur 56 hari, penambahan 10% UPOFA meningkatkan kuat tekan, sedangkan 20% dan 30% mengalami penurunan. Analisis kecepatan rambat gelombang ultrasonik (UPVT) menunjukkan korelasi positif dengan kuat tekan, dengan koefisien determinasi 95,84%.

Evaluasi electrical resistivity mengindikasikan bahwa beton dengan 10% dan 20% UPOFA memiliki risiko korosi tinggi, sementara 30% berisiko lebih rendah. Temuan ini menekankan potensi UPOFA sebagai bahan tambahan yang mendukung performa dan ketahanan beton, serta daya tahannya terhadap korosi, sejalan dengan prinsip konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Ultrafine Palm Oil Fuel Ash (UPOFA), kuat tekan beton, Ultrasonic*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia karena kekuatannya yang tinggi dan kemampuannya untuk dibentuk sesuai kebutuhan. Namun, produksi beton juga memiliki dampak lingkungan yang signifikan, terutama karena penggunaan semen Portland yang menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah besar. Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk mencari bahan alternatif yang dapat mengurangi dampak lingkungan dari produksi beton tanpa mengorbankan kualitas dan daya tahannya. Limbah yang dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk mengurangi penggunaan semen telah diteliti Dasar, & Patah (2024), dengan menggunakan abu cangkang sawit yang terbukti dalam meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton.

Pencampuran beton juga membutuhkan agregat halus sebagai bahan utama. Selama ini agregat halus menggunakan pasir sungai. Tapi untuk daerah pesisir khususnya Kab. Majene sangat sulit memperoleh material pasir sungai, selain pertimbangan ketersediaan sumber daya alam terdapat pula pertimbangan biaya yang lebih mahal sehingga alternatif pengganti pasir sungai adalah penggunaan pasir laut. Namun, pasir laut mengandung garam yang dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan dalam beton. Oleh karena itu, perlu dilakukan perlakuan khusus terhadap pasir laut sebelum digunakan dalam campuran beton. Keberhasilan penelitian menggunakan pasir laut telah dilakukan oleh Patah, dkk (2022). dimana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan pasir laut ternyata terbukti dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dibanding menggunakan pasir sungai.

Ultrafine Palm Oil Fuel Ash (UPOFA) adalah limbah hasil pembakaran minyak kelapa sawit yang telah diolah menjadi partikel berukuran sangat kecil (*Ultra*) sehingga lolos pada saringan nomor 300 mm. UPOFA memiliki potensi sebagai bahan tambahan dalam campuran beton karena sifat-sifatnya yang baik.

Abu cangkang sawit dapat digunakan sebagai pengganti semen karena banyak mengandung silika (SiO_2). Hasil pembakaran abu cangkang sawit yang berupa abu mempunyai sifat pozzolan dan mengandung kandungan silika yang tinggi

sekitar 31,45% sehingga bila dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan beton yang lebih tinggi (Nurdin dkk, 2023).

Penelitian ini mengenai evaluasi kekuatan dan durabilitas beton ramah lingkungan dan berkelanjutan menggunakan *Ultrafine palm oil fuel ash* (UPOFA) yang bertujuan untuk mengetahui bahan tambah 10%, 20% dan 30% yang paling efektif terhadap uji kuat tekan, daya serap air dan porositas, *resistivity*.

Dari beberapa uraian diatas, penulis mengambil judul “**PENGUNAAN PASIR PANTAI DAN ULTRAFINE PALM OIL FUEL ASH (UPOFA) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DAYA TAHAN BETON**”. Diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari beton. Serta mengurangi permasalahan limbah di lingkungan khususnya Sulawesi Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* dengan campuran 10%,20% dan 30% terhadap kuat tekan beton ?
2. Bagaimana efektivitas penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* dengan campuran 10%,20% dan 30% terhadap *Ultrasonic pulse velocity Test* (UPVT) beton ?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* dengan campuran 10%,20% dan 30% terhadap *Electrical resistivity* beton ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efektivitas penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* dengan campuran 10%,20% dan 30% terhadap kuat tekan beton ?
2. Untuk mengetahui efektivitas penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* dengan campuran 10%,20% dan 30% terhadap *Ultrasonic pulse velocity Test* (UPVT) beton ?
3. Untuk mengetahui efektivitas penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* dengan campuran 10%,20% dan 30% terhadap *Electrical resistivity* beton ?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka perlu adanya batasan ruang lingkup diantaranya sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah semen *Porland Composit* (PCC)
2. Bahan tambah yang digunakan adalah *Ultrafine palm oil fuel ash* Sebagai pengganti semen dari persentasi 10%, 20% dan 30% yang diambil dari PT. suryalestari ll di kec. Budhong-budhong kab. Mamuju tengah Prov. Sulawesi Barat.
3. Agregat halus yang yang digunakan adalah pasir yang berasal dari pantai Pesuloang Kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan masukan efektivitas penggunaan *Ultrafine palm oil fuel ash* terhadap kuat tekan, *ultrasonic pulse velocity test* (UPVT), *electrical resistivity* pada beton dengan pencampuran air tawar dan perawatan menggunakan air tawar.
2. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagaibahan referensi bagipenelitian selanjutnya khususnya di bidang ketekniksipilan.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan dapat dilihat sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori-teori yang menyangkut tentang penelitian ini

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode-metode apa saja yang akan

digunakan dalam penelitian baik itu dari jenis penelitian, tahapan, bagan alir dan lain sebagainya.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil dari pengujian yang dilakukan

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran menyangkut penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Selain itu untuk menghindari kesamaan dengan penelitian ini, maka dalam tinjauan pustaka ini, penulis mencantumkan penelitian terkait penelitian yang akan dilakukan dibawah ini :

1. Lerry, dkk (2012), Judul penelitian perilaku Kuat Tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Berdasarkan penelitian dan pembahasan mengenai penggantian sebagian berat semen dengan abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) pada adukan beton dapat ditarik kesimpulan bahwa, kuat tekan beton menurun seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan. Penurunan terbesar kuat tekan beton dengan pasir gunung terjadi pada beton yang menggunakan 20% abu cangkang sawit yaitu sebesar 21,78 MPa atau 40% dari kuat tekan beton normal. Peneliti memberikan rekomendasi penelitian lebih lanjut dengan memberikan perlakuan dioven terhadap abu cangkang kelapa sawit dan menggunakan abu yang 75% lolos saringan 100 sesuai dengan syarat semen SK-SNI-S-04-1989- F.
2. (Mardiah dan Setiawan 2020), Judul penelitian Analisis Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi penambahan sebesar 0%, 1,5%, 3% dan 7% yang telah dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit mempunyai pengaruh yang baik bagi nilai kuat tekan beton normal dengan kadar penambahan abu cangkang kelapa sawit yang tidak banyak, ini dibuktikan dengan hasil penelitian terhadap kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5% memiliki nilai kuat tekannya sebesar 161 kg/cm² pada umur 28 hari, sedangkan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 3% dan 7% memiliki nilai kuat tekan dibawah penambahan variasi abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5%.

3. Hashim, S. S. B. S. (2014), Judul penelitian Pengaruh Ulti (UPOFA) Terhadap Mortar Mekanika. Berdasarkan Penelitian dan pembahasan bahwa penggunaan bahan limbah tersebut menghasilkan efek positif pada sifat mortar semen Portland dan beton. Untuk meningkatkan sifat- sifatnya, POFA digiling hingga ukuran partikel rata-rata berkurang menjadi 5,91 μm . Kemudian digunakan untuk menggantikan semen Portland biasa (OPC) dengan bobot 0%, 10%, 20% dan 30% untuk memperbaiki sifat mekanik dan mikrostruktur zona antarmuka mortar. Ditemukan bahwa mortar yang mengandung penggantian POFA *ultrafine* antara 10% dan 20% dapat meningkatkan kemampuan kerja, kuat tekan, kuat lentur, porositas, air, penyerapan dan modulus elastisitas. Penggantian semen sebesar 20% dari POFA *ultrafine* memberikan kuat tekan tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa POFA dengan kehalusan tinggi cocok untuk digunakan sebagai pengganti semen dalam meningkatkan sifat mekanik dan mikrostruktur mortar.
4. Muzakkir, dkk (2021), Judul penelitian Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit (*Palm Oil Kernel Shell Ash*) Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada *Pervious Concrete*. Berdasarkan Penelitian dan pembahasan mengenai *Pervious concrete* merupakan bentuk sederhana dari beton ringan yang dibuat dengan cara mengurangi atau menghilangkan penggunaan agregat halus. Abu cangkang sawit dapat digunakan sebagai pozzolan, yaitu bahan halus yang mengandung silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang dapat bereaksi dan membentuk bahan semen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh abu cangkang sawit terhadap kuat tekan, jenis variasi beton yang paling optimum serta pengaruh porositas dan permeabilitas terhadap kuat tekan *pervious concrete*. Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 14, 28 dan 56 hari diperoleh persentase optimum pada variasi 7,5% abu cangkang sawit dengan peningkatan kuat tekan karakteristik sebesar 14,71% yaitu dari 10,453 MPa menjadi 11,991 Mpa
5. (Wulandari dan Frieda 2022), Judul penelitian Pengaruh Variasi dan Kadar Semen Pada Kuat Tekan Mortar dan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai Kahayan di Kota Palangkaraya. Berdasarkan hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian ini yaitu FAS (faktor air semen) memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada kuat tekan mortar dan beton. Nilai FAS maksimum yang dianjurkan adalah 0,5 dan

batas terendahnya dimana terjadi kesulitan pengerjaan (*workability* rendah) pada nilai FAS rata-rata 0,4. Pengaruh perubahan FAS memiliki sumbangan yang lebih besar pada peningkatan kuat tekan. Setiap selisih kenaikan FAS 0,1 terjadi sumbangan kekuatan rata-rata sebesar 2,048 MPa pada mortar dan 5,051 MPa pada beton. Sehingga menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat tekan mortar maka semakin tinggi kuat tekan beton.

2.2 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, secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan beton.

Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain:

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

Kekurangan Beton

Adapun kekurangan beton adalah sebagai berikut :

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Berat
- d. Daya pantul suara yang besar (SNI-03-2847-2002)

Berdasarkan kuat atau mutu beton, beton dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Beton mutu rendah (*low strength concrete*), yang memiliki kuat tekan beton kurang dari f_c 20 Mpa.
2. Beton mutu sedang (*medium strength concrete*), yang memiliki kuat tekan beton f_c 21 Mpa-40 Mpa.
3. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*), yang memiliki kuat tekan lebih dari f_c 41 Mpa.

2.3 Material Penyusun Beton

2.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolik yang dibuat dengan cara menghancurkan terak semen Portland. Ini terutama terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang digiling dengan bahantambahan dalam bentuk kristal dari satu atau lebih senyawa kalsium sulfat dan dapat dicampur dengan bahan tambahan lainnya (SNI 15- 2049-2015).

Hal ini juga digunakan untuk mengisi kekosongan antara partikel agregat.

1. Tipe-tipe semen Menurut ASTM C150, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:
 - a Tipe I: *Ordinary Portland Cemen* (OPC), semen portland yang dalam bangunan tidak memerlukan persyaratan khusus (panas, hidrasi, ketahanan terhadap sulfat kekuatan awal).
 - b Tipe II: *Moderate Shulpate Cement*, semen portland dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
 - c Tipe III: *High Early Strength Cement*, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
 - d Tipe IV: *Low Heat Hidration*, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
 - e Tipe V: *High Shulpate Resistance*, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang lebih tinggi terhadap sulfat.

2. Pemeriksaan Berat Jenis

Uji berat jenis semen ini berdasarkan ASTM C-188, dengan berat jenis yang dipersyaratkan sebesar 3,15 dan kemurnian semen yang dipersyaratkan sebesar 3,0 hingga 3,2 menurut ASTM C-188. Namun berat jenis semen yang dihasilkan berkisar antara 3,05 hingga 3,25. Rasio ini mempengaruhi proporsi semen dalam campuran, dan jika percobaan tidak memberikan hasil seperti itu, maka pembakaran tidak sempurna.

Pengujian berat jenis dapat dilakukan pada serpihan *Le Chateriel* menurut ASTM C-188 dengan menggunakan langkah-langkah berikut:

- a. Isi botol *Le Chaletier* dengan minyak tanah dengan skala botol antara angka 0 – 1.
- b. Masukkan botol ke *Le chateriel* yang berisi minyak tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan memasukkan pula termometer sebaagai pengukur suhu.
- c. Tambahkan es batu kedalam wadah tersebut. Sehingga suhu air mecapai 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 berikut :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{w}{V_1 - v_2} \times \gamma \text{ Air} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

γ 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 dimanatidak 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 NaOH 3%
- 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 SNIT – 15-1991-03). Persyaratan mengenai proporsi agregat dengan gradasi ideal yang direkomendasikan terdapat dalam ASTM C 33/ 03 “*Standar Specification for Concrete Aggregates*”

Tabel 2.1 Gradasi Saringan Ideal Agregat

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos(%)	Gradasi Ideal (%)
9,5	100	100
4,75	95-100	97,5
2,36	80-100	90
1,18	50-85	67,5
600 μ	25-6	42,5
300 μ	5-30	17,5
150 μ	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 suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap
- 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 mengoyangkan saringan selama 30 menit bila manual dan 10 menit bila menggunakan mesin goyang.
- 5) Diamkan kurang lebih 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) Lakukan 2 kali percobaan dengan kehilangan berat max. 1% dari berat semula.

Persamaan Analisa perhitungan untuk pengujian gradasi butiran ialah sebagai berikut.

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

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

b. Berat Jenis dan penyerapan Air

- 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 perendaman 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 gram tadi kedalam piknometer, lalu tambahkan aquades sampai 90% penuh, kocok selama ± 5 menit denan dikocok untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap diantara butir-butir pasir. Pengeluaran gelembung udara dapat juga dilakukan dengan memanasi piknometer atau diamkan selama 24 jam untuk mengeluarkan gelembung udara didalamnya.
- 9) Setelah gelembung udara keluar, tambahkan air pada piknometer sampai tanda batas penuh 100% agar gelembung udara terbuang, lalu timbang piknometer berisi air dan Aquades dengan ketelitian 1 gram (Bt).
- 10) Timbang talang kosong
- 11) Tuangkan pasir dari piknometer kedalam talang (wadah) tersebut lalu oven 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 container (V).
- 2) Timbang container dalam keadaan kosong (W1).
- 3) Isi contener 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 2.
- 5) Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas container lalu tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- 6) Ratakan permukaan dengan alat perata.
- 7) Timbang berat container + pasir (W2)

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

$$\text{Berat volume Agregat} = \frac{W1-W2}{V} \dots\dots\dots (2.8)$$

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 ± 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.

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

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W1-W2}{W1} \times 100 \dots \dots \dots (2.9)$$

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

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

2.3.3 Air Tawar

Air tawar berperan penting dalam proses hidrasi semen, yaitu reaksi kimia yang terjadi ketika semen dicampurkan dengan air. Proses ini menghasilkan senyawa yang memberikan kekuatan dan daya tahan pada beton. Air tawar yang berkualitas baik membantu meningkatkan daya tahan beton terhadap kondisi lingkungan, seperti serangan garam, kelembaban, dan suhu ekstrem.

Kualitas dan jumlah air yang digunakan sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Rasio air-semen yang tepat (sekitar 0,4 hingga 0,6) dapat meningkatkan kekuatan akhir beton. Terlalu banyak air dapat menyebabkan beton menjadi lemah dan porous.

2.3.4 Pasir Pantai

Pasir pantai adalah pasir yang dikumpulkan dari pantai dan tepi pantai, dan partikelnya menjadi halus dan bulat karena adanya gesekan antar partikel.

Pasir ini merupakan pasir yang kurang baik karena mengandung banyak garam. Garam ini biasanya bertambah volumenya bila digunakan pada bangunan karena menyerap kelembapan dari udara dan menyebabkan pasir menjadi terlalu basah. Pasir ini dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk menghasilkan beton dengan sifat khusus yaitu mengurangi atau menghilangkan garam dengan cara mencuci pasir terlebih dahulu.

Pasir pantai sebagai bahan agregat halus mempunyai mutu yang sangat tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan komponen struktur beton apabila melalui proses pengolahan dan memenuhi beberapa persyaratan penting untuk menjamin kekuatan dan mutu beton. Beberapa hal yang harus dipenuhi adalah :

1. Bebas dari Kandungan Garam: Pasir laut secara alami mengandung garam, yang dapat menyebabkan korosi pada tulangan baja dalam beton dan melemahkan struktur. Oleh karena itu, pasir laut harus dicuci secara menyeluruh untuk menghilangkan garam dan kontaminan lainnya.
2. Kebersihan: Selain garam, pasir laut harus bersih daribahan organik, lumpur, tanah liat, dan zat-zat kimia lain yang bisa merusak sifat beton. Kontaminasi ini dapat mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasir dan semen.
3. Ukuran Butiran: Pasir laut yang digunakan harus memiliki gradasi butiran yang tepat, dengan campuran ukuran partikel halus dan kasar. Jika terlalu halus, pasir laut mungkin tidak ideal untuk campuran beton karena bisa menyebabkan beton menjadi lebih lemah.
4. Daya Rekat: Pasir laut umumnya memiliki butiran yang halus dan bulat, sehingga mungkin memiliki daya rekat yang lebih rendah dengan semen. Untuk mengatasi ini, komposisi campuran beton perlu diatur dengan baik untuk memastikan ikatan yang kuat antara agregat dan semen.
5. Kandungan Bahan Organik: Pasir laut harus bebas dari bahan organik, seperti ganggang, rumput laut, atau sisa-sisa kehidupan laut lainnya. Bahan organik ini bisa mengganggu reaksi hidrasi semen dan menyebabkan beton menjadi lemah atau tidak stabil.
6. Kandungan Ion Sulfat: Pasir laut dapat mengandung ion sulfat yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur beton dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pasir laut harus diuji dan dipastikan memiliki kandungan sulfat yang rendah.

2.3.5 Ultrafine Palm Oil Fuel Ash (UPOFA)

Ultrafine Palm Oil Fuel Ash (UPOFA) adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan baku minyak sawit, khususnya dari pembangkit listrik berbasis biomassa. UPOFA memiliki ukuran partikel yang sangat halus, biasanya kurang dari 10 mikrometer, yang memberikan sifat unik yang dapat meningkatkan kinerja material konstruksi, terutama beton.

Adapun manfaat penggunaan UPOFA yang harus di ketahui yaitu sebagai berikut:

1. Meningkatkan Kekuatan penambahan UPOFA dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, terutama pada proporsi yang tepat.
2. Mengurangi Limbah penggunaan UPOFA sebagai bahan tambahan dapat mengurangi limbah dari industri kelapa sawit dan memberikan nilai tambah pada limbah tersebut.
3. Ramah Lingkungan dan memanfaatkan sumber daya lokal dan mengurangi ketergantungan pada bahan baku konvensional, menjadikan UPOFA pilihan yang lebih berkelanjutan.

2.4 Mutu Beton

Mutu beton mengacu pada kekuatan dan kualitas beton yang ditentukan oleh kekuatan tekan yang dapat ditahan oleh beton per satuan luas. Mutu beton biasanya dinyatakan dalam satuan MPa (megapascal) atau kg/cm^2 , yang mengindikasikan kekuatan tekan beton setelah 28 hari pengerasan (curing). Beton merupakan campuran antara semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan campuran yang membentuk massa padat. Untuk mutu beton f_c beton ke K dapat di lihat pada tabel 2.4

Tabel 2.2 Konversi dari mutu beton f_c ke K

Mutu beton K (kg/cm^2)	Mutu beton f_c Mpa (N/mm^2)
K-100	f_c 8,3
K-150	f_c 12,35
K-175	f_c 14,53
K-200	f_c 16,60

Mutu beton K (kg/cm ²)	Mutu beton f _c Mpa (N/mm ²)
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 Sifat Mekanik Beton

Sifat mekanik beton adalah karakteristik fisik beton yang terkait dengan perilaku material ketika dikenakan gaya atau beban. Beton merupakan bahan komposit yang kuat dalam menahan gaya tekan, namun lemah terhadap gaya tarik. Sifat-sifat mekanik ini sangat penting dalam desain dan analisis struktur, terutama dalam menentukan bagaimana beton berperilaku di bawah berbagai kondisi beban.

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 (Durabilitas beton). Berikut adalah beberapa sifat mekanik utama beton yang telah kami uji laboratorium:

2.3.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah salah satu sifat mekanik terpenting dari beton yang menunjukkan kemampuan beton untuk menahan gaya tekan. Kuat tekan ini adalah parameter utama yang menentukan kualitas dan kegunaan beton dalam konstruksi. Kuat tekan diukur sebagai tegangan maksimum yang dapat diterima beton sebelum mengalami keruntuhan atau kehancuran. Biasanya, kuat tekan diuji pada umur 28 hari setelah beton dicor, karena pada saat ini beton sudah mencapai sekitar 95% kekuatan akhirnya. 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:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.11)$$

Dimana :

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

P : Gaya tekan aksial (N)

A : Luas penampang melintang benda uji (mm²)

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

A : Luas Penampang melintang benda uji (mm²)

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



Gambar 2. 1 Uji Kuat Tekan Kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm

2.3.2 UPVT (*Ultra Pulse Velocity Test*)

1. Pengertian UPVT

Pengujian *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) adalah metode *non- destruktif* yang digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang ultrasonik yang merambat melalui material, termasuk beton. Pengujian ini berguna untuk menilai kualitas dan integritas struktur beton tanpa merusaknya. Dalam pengujian ini sampel yang telah dibuat di uji pada saatberumur 28 hari pengujian dilakukan di laboraturium unhas makassardengan jumlah sampel 20 variasi silinder sesuai ketentuan. Dan untuk standar yang digunakan adalah SNI 1974: Standar untuk pengujian kekuatan tekan betondan ASTM C39: Metode pengujian kekuatan tekan silinder beton.



Gambar 2. 2 Uji *Ultrasonic Pulse Velocity Test*

Berdasarkan pengujian *ultra pulse velocity* (UPVT) yang digunakan dalam mengukur kecepatan gelombang ultrasonic, adapun rumus yang digunakan yaitu :

$$V = L/T \dots\dots\dots (2.12)$$

$$Pulse\ velocity = \frac{length\ Between\ Transducer}{Transit\ Time} \dots\dots\dots (2.13)$$

Tabel 2.3 Ketentuan *Ultrasonic Pulse Velocity test*

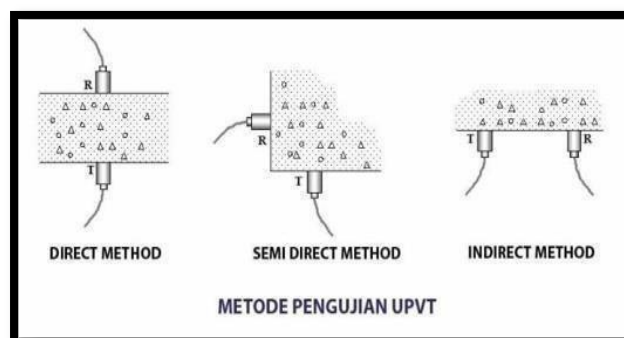
Pulse Velocity(km/s)	Concrete Quality(ratings)
$\geq 4,5$	Excellent (E)
3,5 – 4,5	Good (G)
3,0 – 3,5	Medium (M)
2,0 – 3,0	Doubtful (D)
$\leq 2,0$	Very Weak (VW)

Sumber : ASTM C597

2. Tujuan UPVT (*Ultra Pulse Velocity Test*)

Adapun tujuan pengujian UPVT (*Ultra Pulse Velocity Test*) yangharus kita ketahui yaitu sebagai berikut :

1. Menilai Kualitas Beton dimana dapat mengidentifikasi keberadaanretakan, porositas, dan cacat lainnya dalam beton.
2. Mengukur Kekuatan dan memprediksi kekuatan tekan beton berdasarkankecepatan gelombang ultrasonik.
3. Memonitor Kerusakan serta memantau kondisi struktur seiring waktuuntuk mendeteksi perubahan.



Gambar 2. 3 Metode Pengujian UPVT

3. Kelebihan dan kekurangan UPVT (*Ultra Pulse Velocity Test*)

Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari pengujian Uji *Penetrasi Viskositas* (UPVT) pada silinder beton:

a. Kelebihan UPVT

- 1) Akurasi tinggi dalam pengujian ini memberikan hasil yang akurat dalam menentukan kekuatan beton.
- 2) Standar yang Jelas dan metode ini mengikuti standar internasional, sehingga hasilnya dapat diandalkan dan dibandingkan.
- 3) Penggunaan yang luas dapat diterima secara luas dalam industri konstruksi untuk evaluasi kualitas beton.
- 4) Analisis Material serta membantu memahami karakteristik material dan konsistensinya.
- 5) Identifikasi Masalah Dini dapat mengidentifikasi potensi masalah pada campuran beton sebelum digunakan secara luas.

b. Kekurangan UPVT

- 6) Waktu dan Biaya dimana pengujian dapat memakan waktu dan biaya, terutama jika dilakukan secara rutin.
- 7) Mengambilan Sampel dan kualitas hasil sangat bergantung pada cara pengambilan dan perawatan sampel.
- 8) Keterbatasan hanya mengukur kekuatan tekan, tidak memberikan informasi tentang sifat mekanik lainnya, seperti ketahanan geser atau lentur.
- 9) Persyaratan Peralatan harus membutuhkan peralatan khusus yang mungkin tidak tersedia di semua lokasi.
- 10) Variabilitas Hasil dapat bervariasi tergantung pada faktor lingkungan dan teknik pengujian yang digunakan.

4. Prosedur Pengujian

1. Pengambilan sampel, ambil silinder beton yang sudah dicetak dan dirawat dengan baik yang berumur 28 hari serta jumlah yang telah ditentukan.

2. Pemeriksaan dimensi pada setiap sampel diukur diameter dan tinggi silinder.
3. Persiapan Mesin Uji, pastikan mesin uji dalam kondisi baik dan kalibrasi tepat.
4. Pengujian, tempatkan silinder pada mesin uji dan tekan hingga patah. Catat nilai maksimum kekuatan yang dicapai.

Analisis hasil, hitung kekuatan tekan berdasarkan luas penampang dan nilai maksimum yang diperoleh.

2.3.3 Electrical Resistivity

Pengujian resistivitas listrik (*electrical resistivity testing*) adalah metode yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu material untuk menahan aliran arus listrik. Ini sering dilakukan untuk berbagai aplikasi, termasuk penilaian kualitas bahan, evaluasi kondisi tanah, dan pengujian kabel atau komponen elektronik.

Pengukuran resistivitas Listrik beton terutama digunakan untuk mengevaluasi karakteristik beton seperti ketahanan beton, permeabilitas, perkiraan permeasi asam dan difusivitas ion klorida. Pengukuran resistivitas beton dapat digunakan sebagai indikator ketahanan korosi tulangan yang tertanam pada struktur beton bertulang. Sehubungan dengan penilaian ketahanan struktur beton yang ada, dalam beberapa tahun terakhir telah terjadi peningkatan kesadaran akan dampak resistivitas beton terhadap korosi tulangan dan pengujian resistivitas beton. Data resistivitas beton digunakan untuk penilaian risiko korosi pada tulangan tanaman dan untuk menilai kompatibilitas mortar perbaikan yang digunakan Bersama dengan sistem proteksi elektrokimia. Biasanya, mortar resistivitas beton rendah dikhususkan untuk perbaikan beton yang digunakan bersama dengan sistem proteksi elektrokimia seperti katodik arus terkesan, sistem korosi galvanik, ekstraksi klorida dan realkalisasi

Pada beton, arus listrik dibawa oleh ion-ion bermuatan terlarut yang mengalir melalui pori-pori larutan. Resistivitas beton tergantung pada struktur mikro beton seperti distribusi ukuran pori kapiler dan

interkoneksinya. Jaringan pori yang lebih halus dengan konektivitas yang lebih sedikit menyebabkan permeabilitas yang lebih rendah, yang berarti resistivitas yang lebih tinggi. Ukuran dan struktur pori ditentukan oleh faktor-faktor seperti jenis semen, rasio air-semen (w/c), campuran pozzolan dan derajat hidrasi beton. Pengaruh karakteristik fisik ini selanjutnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (terutama kelembaban relatif) di mana beton berada. Pengaruh lain seperti kontaminan kimia (masuknya klorida dalam lingkungan laut) selanjutnya dapat mempengaruhi nilai resistivitas beton, semua variabel ini berkontribusi terhadap resistivitas beton., dan untuk struktur yang sudah ada, semua variabel ini harus dipertimbangan. Pengukuran resistivitas beton dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode destruktif dan non-destruktif. Meskipun ada banyak metode yang telah diujicobakan dalam percobaan, pengujian probe Wenner empat titik umumnya lebih disukai untuk pengujian resistivitas di laboratorium dan di lokasi karena sifatnya yang tidak merusak, pengukuran cepat, dan desain yang kompak.

Salah satu faktor utama yang berpengaruh pada terjadinya korosi pada sebuah baja adalah tingkat resistensinya. Resistivitas berpengaruh langsung pada proses korosi karena aliran ion antara anoda dan katoda pada tulangan beton. Mengukur kekuatan beton memungkinkan kita untuk mengetahui cepat lambatnya suatu struktur mengalami korosi, yang pada mengakibatkan penurunan kualitas beton. Korosi yang lambat dapat menjadi indikasi gejala awal yang memerlukan perawatan atau penanganan secepat mungkin. Untuk menemukan titik panas pasti memungkinkan korosi pada baja tulangan, analisis data dari pengujian *electrical resitivity* dapat menjadi lebih informatif jika digabungkan dengan pengujian *Half- cell* potensial.

Tabel 2.4 Ketentuan Pengujian *Electrical Resistivity*

Concrete Resistivity ($\Omega.m$)	Corrosion Risk
< 50	Very high
50 - 100	High
100 - 200	Low
> 200	Despicable

Sumber : ASTM B193-19

Nilai *electrical resistivity* didapat dengan menggunakan persamaan :

$$\rho = \frac{RA}{L} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

ρ = Resistivitas bahan (Ωm)

R = Resistansi (Ω)

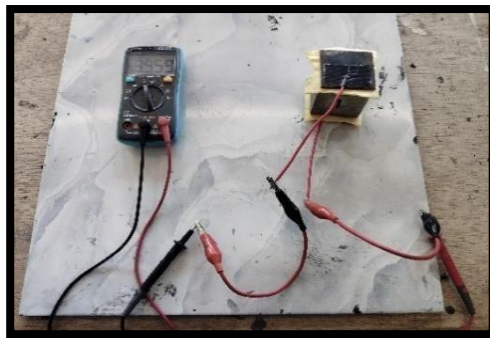
A = Luas Penampang (m^2)

L = Panjang (m)

Resistensi ini jika distandarisasi menjadi geometri beraturan, memungkinkan untuk mengetahui resistivitas melalui hukum Ohm yang diberikan pada Persamaan 2.5 (d=jarak antara elektroda dan A adalah luas penampang. Metode pengukuran resistivitas yang paling umum adalah metode “direct” atau “massal” yaitu metode untuk mengukur resistivitas (jaringan pori dibuat jelas demi representasi). Dua elektroda ditempatkan pada dua permukaan parallel dari spesimenbeton atau cakram dan tegangan diterapkan.



gambar 2. 4 Uji *Electrical Resistivity* Slinder



gambar 2. 5 Uji *Electrical Resistivity* Beton

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials [ASTM], C150, Types Of Portland Cement, ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], C33/03, Pengujian Berat Jenis dengan Menggunakan Le Chaterial Flaks, ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], C-188, Standard specification for Concrete Aggregates, ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], C567:2012 [46], Metode dalam Pengujian Ultra Pulse Velocity Test (UPVT). ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM] C33, Standar Spesifikasi Agregat Untuk Beton. ASTM.
- Badan Standarisasi BS 1881-203: American Society for Testing and Materials [ASTM], C597, Testing Standard Ultra Pulse Velocity Test (UPVT), ASTM.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002. SNI 03-2847-2002, Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 15-2049:2015, Semen Portland. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1969-1990, Berat Jenis dan Penyerapan (absorpsi) Guna Menentukan Volume Agregat Harus dalam Kondisi SSD. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1991. SK SNI T - 15-1991-03, Penentuan Ukuran Butiran Agregat Halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, SK SNI 08-1989-F dan SNI 03-1968-1990, Prosedur pengujian pelaksanaan pengujian analisa saringan agregat halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SK SNI 03-1970-1990, Prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1989. SK SNI M-10-1989-F, Prosedur pengujian berat isi/volume agregat halus. Jakarta, BSN.

- Badan Standarisasi Nasional, 1989. SK SNI S-04-1989-F, Prosedur pengujian kadar air agregat halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, SK SNI 04-1989-F dan SNI 03-2816-1992, Prosedur pengujian pelaksanaan pengujian kadar lumpur agregat halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. SNI 2847 2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. SNI 03 2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. SNI 7656:2012, Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. SNI 2493-2011, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. SNI 2847-2019, Agregat Halus Lolos Saringan No.4. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. SNI 03-1971-2011, Syarat Penentuan Kadar Air Agregat Halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1970-1990, Pengujian Berat Jenis Agregat Halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1989. SNI M-14-1989, Prosedur Pembuatan Beton . Jakarta, BSN.
- Dasar, A., & Patah, D. (2024). Kekuatan dan Durabilitas Beton Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA) dan Pasir Pantai. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 83-94.
- Gunawan Muhammad Rizky, Nasfryzal Carlo, and Khadavi. 2021. “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Dan Zat Aditif (Sikament Ln) Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi.”
- HASHIM, S.S. B. S. (2014). PENGARUH ULTI (UPOFA) TERHADAP MORTAR MEKANIKA (Doctoral dissertation, UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG).

- Lerry, Martin, Elhusna Elhusna, and Yuzuar Afrizal. 2012. "Perilaku Kuat Tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen." *Jurnal Inersia* 4(2): 43.
- Mardiah, Ainul, and Beny Setiawan. 2020. "SAWIT (PALM KERNEL SHELL) TERHADAP KUAT TEKAN BETON." : 8–17.
- Muzakkir, Andi, Sujiati Jepriani, and Joko Suryono. 2021. "SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan 2021 P-10 PEMANFAATAN ABUCANGKANG SAWIT (PALM OIL KERNEL SHELL ASH) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN PADA PERVIOUS CONCRETE UTILIZATION OF PALM OIL KERNEL SHELL ASH AS CEMENT SUBSTITUTIONS MATERIAL IN PERVIOUS CONCRETE." 3: 65–72.
- Nurdin, A., Manaf, A., & Ridhayani, I. (2023). Pengaruh Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Berpori. *BANDAR: JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*, 5(1), 17-26.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2022). 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.
- Tjokrodimuljo, K., 1996 "*Teknologi Beton*". Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universita Gadjja Mada.
- Wulandari, Annisa, and Frieda Frieda. 2022. "Pengaruh Variasi Fas Dan Kadar Semen Pada Kuat Tekan Mortar Dan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai Di Kota Palangka Raya." *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil* 4(2): 80.