

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI FLY ASH TERHADAP  
SIFAT *HYDROPHOBIC*, *ABSORBSI* DAN KEKUATAN BETON**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



**Oleh :**

**ASRI VAUZIA**

**NIM. 18034070**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI FLY ASH TERHADAP SIFAT  
*HYDROPHOBIC*, ABSORBSI DAN KEKUATAN BETON**

Nama : Asri Vauzia  
NIM : 18034070  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

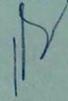
Padang, 03 Juni 2022

Mengetahui  
Kepala Departemen Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si.  
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:  
Pembimbing



Dr. Ratnawulan, M.Si.  
NIP. 196901201993032002

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

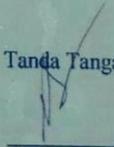
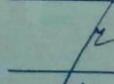
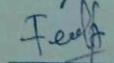
Nama : Asri Vauzia  
NIM : 18034070  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### PENGARUH VARIASI KOMPOSISI FLY ASH TERHADAP SIFAT *HYDROPHOBIC*, ABSORPSI DAN KEKUATAN BETON

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 03 Juni 2022

#### Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si	1. 
2. Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si.	2. 
3. Anggota	: Fadhila Ulfa Jhora, M.Si.	3. 

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Asri Vauzia  
NIM/TM : 18034070/2018  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : "Pengaruh Variasi Komposisi Fly Ash Terhadap Sifat *Hydrophobic*, Absorpsi dan Kekuatan Beton" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Asri Vauzia

NIM. 18034070

**Pengaruh Variasi Komposisi Fly Ash Terhadap  
Sifat Hydrophobic, Absorpsi dan Kekuatan Beton**

**Asri Vauzia**

**ABSTRAK**

Penggunaan beton pada bangunan yang berhubungan langsung dengan air seperti terowongan dan atap beton memerlukan beton kedap air (*hydrophobic*). Penyerapan air pada beton biasa sangat tinggi sehingga air dapat menembus beton. Tekanan air yang masuk kedalam beton melalui pipa kapiler yang terbentuk pada saat proses pengerasan beton hanya bisa dikurangi dengan memperkecil diameter mikro kapiler. Peningkatan sudut kontak antara air dan permukaan beton juga mampu menurunkan penyerapan air kedalam beton. *Fly ash* merupakan material yang mempunyai butir lebih kecil dari semen. Setelah *fly ash* bereaksi dengan semen dan air diameter mikro kapiler yang terbentuk menjadi lebih kecil.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi *fly ash* terhadap sifat hydrophobic, absorpsi dan kekuatan beton. Variasi komposisi *fly ash* sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, yang diuji pada umur 7 hari dan 14 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) sebanyak 28 sampel yang terdiri dari 5 variasi konsentrasi *fly ash* pada pengujian 7, 14 hari dan masing-masing variasi sebanyak 3 sampel.

Berdasarkan hasil pengujian, persentase absorpsi pada beton umur 7 mencapai nilai optimum pada persentase *fly ash* 5% dengan nilai 0,363% sedangkan pada umur beton 14 hari nilai optimum didapatkan pada persentase *fly ash* 5% dengan nilai 0,5%. Untuk pengujian sudut kontak pada permukaan beton didapatkan nilai sudut kontak terbesar pada variasi *fly ash* 0% pada umur 7 hari sebesar 128,79° dan nilai terendah pada variasi *fly ash* 15% sebesar 100,41°. Penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada persentase abu terbang (*fly ash*) 0% yaitu sebesar 30,945 pada umur beton 7 hari. Dan nilai kuat tekan beton terendah pada persentase abu terbang 15% yaitu sebesar 16,05 MPa untuk umur beton 14 hari.

Kata kunci : *Hydrophobic*, sudut kontak, *absorpsi*, kuat tekan, *fly ash*

**The Effect of Fly Ash Composition Variations on  
Hydrophobic Properties, Absorption and Strength of Concrete**

**Asri Vauzia**

**ABSTRACT**

The use of concrete in buildings that are in direct contact with air such as airtightness and concrete roofs requires water (hydrophobic) concrete. Water absorption in ordinary concrete is so high that air can penetrate the concrete. The air pressure entering the concrete through the capillary tube formed during the hardening of the concrete can only be reduced by reducing the micro capillary diameter. Increasing the contact angle between the water and the concrete surface is also able to reduce the absorption of air into the concrete. Fly ash is a material that has smaller grains than cement. After fly ash reacts with cement and the diameter of the formed capillary air is smaller.

The purpose of this study was to determine the effect of variations in the composition of fly ash on the hydrophobic properties, absorption and strength of concrete. Variations in the composition of fly ash were 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The test object used was cylindrical, which was tested at the age of 7 days and 14 days. This study tested concrete with cylindrical specimens (15 cm diameter and 30 cm height) as many as 28 samples consisting of 5 variations of fly ash concentration in the 7, 14 day test and 3 samples for each variation.

Based on the test results, the percentage of absorption in concrete aged 7 reached the optimum value at 5% fly ash percentage with a value of 0.363% while at 14 days old concrete the optimum value was obtained at 5% fly ash percentage with a value of 0.5%. For testing the contact angle on the concrete surface, the largest contact angle value in the 0% fly ash variation at the age of 7 days was 128.79° and the lowest value at the 15% fly ash variation was 100.41°. The addition of fly ash percentage of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% has the highest compressive strength value at 0% fly ash percentage, which is 30, 945 at 7 days of concrete age. And the lowest concrete compressive strength value is at 15% fly ash percentage, which is 16.05 MPa for the concrete age of 14 days.

Keywords: Hydrophobic, contact angle, absorption, compressive strength, fly ash

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan dan memberikan segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Tidak lupa shalawat beserta salam tetap terlimpahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW. Banyak proses yang terjadi diluar kapasitas namun semua proses berakhir dengan baik. Salah satunya adalah proses penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Komposisi Fly Ash Terhadap Sifat Hydrophobic, Absorpsi dan Kekuatan Beton**” .

Dalam proses penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari banyak bantuan, dukukangan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Ibu **Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si** selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan kepada penulis. Terimakasih atas semua kesabaran, pengorbanan tenaga, dan pengorbanan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan,, nasehat, dan motivasi untuk penulis dari awal hingga akhir proses penulisan skripsi.
2. Bapak **Drs. Gusnedi, M.Si** dan Ibu **Fadhila Ulfa Jhora, M.Si** selaku dosen penguji saya yang telah memberikan banyak masukan, saran, dan nasehat dalam proses penyempurnaan skripsi ini.
3. Bapak **Budi Ariyanto, ST** selaku pembimbing di tempat penelitian yaitu Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Sumatera Barat.

4. Ketua Departemen Fisika FMIPA UNP.
5. Koordinator Program Studi Fisika FMIPA UNP.
6. Bapak **Yohandri M.Si, Ph.D** selaku pembimbing akademik, terimakasih sudah membimbing dengan sangat bijak.
7. Seluruh staf administrasi dan laboran Departemen Fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dengan pengetahuan selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua dan semua anggota keluarga atas pengertian yang besar, motivasi, serta doa yang tulus diberikan kepada penulis.
9. Sahabat dari awal masa perkuliahanku, Delvi Putri Maidani yang sudah mendengarkan keluh kesah diri ini selama 4 tahun bersama.
10. Rekan-rekan OSILATOR yang selalu kebersamai dan memberikan semangat tanpa henti.
11. Beasiswa Bidikmisi yang telah meringankan bebanku selama perkuliahan.

Akhirnya tiada yang sempurna di dunia ini, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dalam penulisan skripsi ini. Harapan penulis kiranya skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pendidikan dan dapat bermanfaat untuk berbagai pihak

Padang, April 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL.....	1
BAB 1 .....	4
PENDAHULUAN .....	4
A.    Latar Belakang .....	4
B.    Rumusan Masalah .....	8
C.    Batasan Masalah.....	9
D.    Tujuan Penelitian.....	9
E.    Manfaat Penelitian.....	10
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
A.    Beton.....	11
B.    Fly Ash .....	15
C.    Sifat Hydrophobic .....	17
D.    Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sifat Hydrophobic .....	19
E.    Bahan Pembentuk Beton.....	26
F.    Kuat Tekan Beton.....	32
G.    Absorpsi.....	37
H.    Nanocrys-C82 .....	38
BAB III.....	40
METODOLOGI PENELITIAN .....	40
A.    Jenis Penelitian.....	40
B.    Waktu dan Tempat Penelitian .....	40
C.    Variabel Penelitian .....	41

D.	Instrumen Penelitian.....	42
1.	Alat .....	42
2.	Bahan.....	48
E.	Prosedur Penelitian.....	50
1.	Tahap Persiapan .....	50
2.	Preparasi Sampel.....	51
a.	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	51
b.	Pengujian Berat Jenis SSD dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	55
c.	Pengujian Berat Isi Agregat Halus .....	57
d.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	59
e.	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar .....	61
3.	Mix Design Beton .....	62
4.	Pembuatan benda uji.....	62
5.	Pengujian Slump .....	63
a.	Peralatan yang digunakan .....	63
b.	Prosedur pelaksanaan .....	64
c.	Hasil Pengujian Slump .....	64
6.	Perawatan Benda Uji .....	65
7.	Pengujian Sifat Hydrophobic Beton.....	66
8.	Pengujian Nilai Absorpsi .....	67
9.	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	68
F.	Teknik Pengumpulan Data.....	69
G.	Analisis Data .....	70
H.	Kerangka Penelitian .....	72
BAB V	.....	100
PENUTUP	.....	100
A.	Kesimpulan .....	100
B.	Saran .....	100
DAFTAR PUSTAKA	.....	102
LAMPIRAN	.....	105

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Evaluasi Waterproofing Admixture (WPA) dengan Semen Portland Biasa	14
Tabel 2. Kandungan kimia dalam Fly Ash.....	16
Tabel 3. Data Hasil Uji XRF Fly Ash.....	17
Tabel 4. Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya.....	33
Tabel 5. Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Bentuk Benda Uji .....	34
Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Lubuk Alung.....	53
Tabel 7. Data Hasil Pemeriksaan Passing 200 Pasir Lubuk Alung .....	53
Tabel 8. Pemeriksaan Berat Isi Pasir .....	54
Tabel 9. Hasil Pemeriksaan berat jenis Pasir Lubuk Alung .....	57
Tabel 10. Pemeriksaan Berat Isi Pasir .....	59
Tabel 11. Hasil pemeriksaan berat jenis Agregat Kasar Lubuk Alung.....	60
Tabel 12. Data Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	62
Tabel 13. Hasil Uji Slump.....	64
Tabel 14. Jumlah sampel dalam pembuatan.....	69
Tabel 15. Variasi Hari Uji Kuat tekan .....	69
Tabel 16. Hasil Uji Kuat Tekan.....	71
Tabel 17. Hasil Bentuk Permukaan Beton Setiap Variasi Komposisi .....	4
Tabel 18. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	75
Tabel 19. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	75
Tabel 20. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal.....	76
Tabel 21. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	77
Tabel 22. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	78
Tabel 23. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	79
Tabel 24. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	79
Tabel 25. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal.....	80
Tabel 26. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	81
Tabel 27. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Pada Beton Normal .....	81
Tabel 28. Hasil Pengukuran Absorpsi Pada Beton Umur 7 Hari .....	82
Tabel 29. Hasil Pengukuran Absorpsi Pada Beton Umur 14 Hari .....	83
Tabel 30. Hasil Uji Absorpsi Beton Rata-rata.....	84
Tabel 31. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	85
Tabel 32. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari.....	86
Tabel 33. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Rata-Rata (%)......	87
Tabel 34. Data Pengujian Pengaruh Variasi Komposisi Fly Ash Terhadap Sudut Kontak Beton.....	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Fly Ash.....	16
Gambar 2. Air dipermukaan daun teratai (Li et al., 2017).....	17
Gambar 3. Foto SEM permukaan daun teratai dengan berbagai perbesaran (Li et al., 2017). .....	18
Gambar 4. (A) Skema tetesan cairan yang bersentuhan dengan (i) permukaan padat yang halus (sudut kontak, $\theta_0$ ) dan (ii) permukaan padat yang kasar (sudut kontak, $\theta$ ), (B) sudut kontak untuk permukaan kasar ( $\theta$ ) sebagai fungsi dari faktor kekasaran ( $R_f$ ) untuk berbagai. ....	20
Gambar 5. Tetesan air dalam keseimbangan membentuk sudut kontak statis dengan permukaan datar.....	22
Gambar 6. Besarnya sudut kontak untuk permukaan kasar .....	24
Gambar 7. (A) Sudut kontak statis (lingkaran dengan garis putus-putus mewakili rentang kriteria transisi dan (B) histeresis sudut kontak (lingkaran) dan sudut kemiringan (segitiga) sebagai fungsi nilai pitch untuk permukaan berpola (5 $\mu\text{m}$ diameter, 10 $\mu\text{m}$ tinggi p p .....	24
Gambar 8. Ilustrasi model wenzel (Zhan & Chen, 2014). .....	24
Gambar 9. Kondisi Cassie-Baxter .....	25
Gambar 10. Pasir Galian .....	30
Gambar 11. Pasir Sungai.....	31
Gambar 12. Pasir Pantai.....	31
Gambar 13. Alat Uji Kuat Tekan Menggunakan CTM .....	35
Gambar 14. Sampel Uji Tekan .....	36
Gambar 15. Peta Lokasi .....	40
Gambar 16. Saringan .....	42
Gambar 17. Timbangan Digital (Sumber: Dokumentasi Penulis).....	43
Gambar 18. Oven.....	43
Gambar 19. Specific Gravity.....	43
Gambar 20. Cetakan Beton .....	44
Gambar 21. Tongkat Pemasak .....	44
Gambar 22. Labu Ukur .....	44
Gambar 23. Mistar .....	45
Gambar 24. Mollen .....	45
Gambar 25. Kerucut Abrams.....	46
Gambar 26. Bak Air .....	46
Gambar 27. Kamera DSLR .....	46
Gambar 28. Pemanas Belerang.....	47
Gambar 29. Alat Capping.....	47

Gambar 30. Alat Compression Testing Machine (CTM) .....	48
Gambar 31. Air .....	48
Gambar 32. Semen.....	49
Gambar 33. Pasir .....	49
Gambar 34. Agregat Kasar .....	50
Gambar 35. Fly Ash.....	50
Gambar 36. Nanocrys .....	50
Gambar 37. Hasil Uji Slump Beton .....	65
Gambar 38. Tampilan software ImageJ .....	66
Gambar 39. Mengukur sudut kontak pada droplet .....	66
Gambar 40. Tampilan untuk mengukur nilai sudut pada ImageJ .....	67
Gambar 41. Tampilan Hasil Pengukuran Sudut Menggunakan ImageJ .....	67
Gambar 42. Diagram Alir Penelitian .....	73
Gambar 43. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 0%+ Nanocrys .....	74
Gambar 44. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 5%+ Nanocrys .....	75
Gambar 45. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 10%+ Nanocrys .....	76
Gambar 46. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 15%+ Nanocrys .....	77
Gambar 47. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 20%+ Nanocrys .....	77
Gambar 48. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 20%+ Nanocrys .....	78
Gambar 49. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 5 %+ Nanocrys .....	79
Gambar 50. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 10%+ Nanocrys .....	80
Gambar 51. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 15%+ Nanocrys .....	80
Gambar 52. Pengukuran Sudut Kontak + Fly Ash 20%+ Nanocrys .....	81
Gambar 53. Hasil Uji Absorpsi Beton Umur 7 Hari.....	84
Gambar 54. Hasil Uji Absorpsi Beton Umur 14 Hari.....	85
Gambar 55. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari .....	87
Gambar 56. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari .....	88
Gambar 57. Data Hasil Perbandingan Sudut Kontak Beton Umur 7 Hari dan 14 Hari .....	89
Gambar 58. Data Hasil Perbandingan Absorpsi Beton Umur 7 hari dan 14 Hari.....	90
Gambar 59. Data Hasil Pengujian Absorpsi Beton Umur 7 hari.....	91
Gambar 60. Data Hasil Pengujian Absorpsi Beton Umur 14 Hari .....	91
Gambar 61. Data hasil kuat tekan beton umur 7 hari .....	92
Gambar 62. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari.....	93

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pada tahun 2020 struktur jembatan di Indonesia berjumlah 22.308 buah dan sebanyak 2.086 buah (9.35% dari total jembatan) rusak, mayoritas kerusakan disebabkan oleh korosi tulangan pada beton bertulang. Struktur beton bertulang yang rawan terhadap korosi adalah struktur jembatan dan jalan raya. Struktur ini selalu berhubungan dengan lingkungan terbuka, dan air hujan. Karena kondisi tersebut, beton bertulang dapat mengalami kerusakan sebelum masa layan berakhir. Hal tersebut terjadi karena korosi pada tulangan beton, terutama pada lingkungan yang terkontaminasi ion klorida ( $Cl^-$ ) seperti daerah pinggir pantai. Penetrasi ion klorida akan terjadi melalui pori-pori beton dan menyebabkan terjadinya korosi pada tulangan beton.

Pada masa sekarang, pembuatan beton sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan, namun dalam penggunaannya masih mudah rusak. Faktor utama yang mempengaruhi kerusakan beton diakibatkan oleh faktor lingkungan dan cuaca. Salah satu cara untuk mengurangi kerusakan pada beton dapat dilakukan dengan pembuatan beton kedap air. Hal ini dapat mengurangi sifat penyerapan air kapiler pada beton serta permeabilitas rendah terhadap air dibawah tekanan. Kualitas tersebut memberikan kemungkinan beton tahan air untuk digunakan dalam konstruksi dibawah tanah.

Pada beberapa keadaan, beton bertulang dapat mengalami kerusakan seperti terjadinya korosi pada baja tulangan yang ada pada beton, terutama pada beton yang berada pada lingkungan yang terkontamiasi ion klorida (Cl-) seperti daerah pesisir pantai. Korosi ini dapat menyebabkan terjadinya tegangan ekspansif sehingga dapat mengakibatkan timbulnya retak pada permukaan beton. Retakan yang terjadi dapat mempermudah penetrasi ion klorida oleh tulangan dan mempercepat terjadinya korosi sehingga selimut beton (spalling) akan mengelupas. Selanjutnya umur beton dan kekuatannya akan menurun drastis.

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan beton adalah kekuatan dan durabilitas. Durabilitas adalah daya tahan beton terhadap beban yang akan diterimanya. Penggunaan beton untuk bangunan-bangunan yang langsung berhubungan dengan air, misalnya plat beton untuk atap, dinding basement, dan bangunan air, harus kedap air atau beton dengan permeabilitas rendah. Beton tersebut mampu menahan rembesan air sehingga tidak terjadi korosi pada tulangan beton. Tahapan pembuatan beton diawali dengan proses perhitungan terhadap komposisi yang akan digunakan. Setelah dilakukan proses perhitungan, maka dilakukan proses pembuatan beton. Beton yang terbentuk akan melewati proses perawatan selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Seiring dengan bertambahnya umur beton, tingkat kekerasan beton akan semakin tinggi dan akan mencapai kekuatan yang direncanakan.

Beton merupakan hasil pencampuran antara semen, air dan agregat. Komposisi pembuatan beton juga bisa ditambahkan dengan bahan lain sesuai perbandingan yang diinginkan. Beberapa bahan tambahan terdiri atas bahan kimia

tambahan, fiber atau bahan buangan non kimia. Sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan yang dipakai, cara pengerjaan dan cara perawatannya (Tjokrodinuljo, 1996).

Dalam campuran beton, semen berfungsi sebagai pengikat beton itu sendiri. Untuk kadar lumpur, gradasi, dan berat jenis agregat mempengaruhi kekuatan beton. Gradasi dari agregat halus dapat mempengaruhi pengerjaan beton, sedangkan agregat kasar dapat mempengaruhi kekuatan dari beton yang dihasilkan. Kualitas dan kuantitas air yang digunakan mempengaruhi pengerasan dan kekuatan dari beton (Murdock dan Brook, 2003).

Dalam hal – hal tertentu campuran beton diberi bahan tambahan sesuai dengan kondisi yang di inginkan (Sihombing, 2017). Salah satu bahan tambah yang bisa digunakan adalah fly ash. Fly ash merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus bahkan lebih halus dari semen. Fly ash mengandung senyawa silika dan alumina dengan persentase mencapai 80%. Penggunaan fly ash dalam campuran beton memberikan dampak yang bagus dari segi lingkungan. Fly ash memiliki kemiripan sifat dengan semen. Kemiripan sifat ini dapat dilihat dari dua aspek yaitu sifat fisik dan kimiawinya. Secara fisik fly ash memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butirnya yang lolos ayakan no.325 (45 mili micron) 5-27% dengan *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman.

Ada beberapa penelitian yang telah mengkaji pengaruh penambahan fly ash terhadap kuat tekan beton, namun dalam penelitian tersebut menggunakan kadar komposisi fly ash yang berbeda, dan beton yang diproduksi bukan beton hidrofobik. Diantaranya penelitian (Umboh et al., 2014) menunjukkan bahwa kuat tekan beton

dengan menggunakan fly ash sebanyak 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan beton tertinggi pada persentase fly ash 30% sebesar 24,18 Mpa dengan umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada persentase fly ash 70% yaitu sebesar 3.645 MPa dengan umur beton 7 hari.

Kemudian dalam penelitiannya (Setiawati, 2018) untuk mengetahui penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti semen untuk menguji kekuatan beton menggunakan benda uji berbentuk kubus sebanyak 96 dimana setiap variasi sebanyak 12 sampel benda uji. Dalam penelitian itu diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan fly ash sebanyak 12,5% yaitu 404,03 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari dengan persentase peningkatannya 27,95%. Dapat disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan fly ash mempengaruhi nilai kekuatan beton. Persentase fly ash 12,5 % pada beton menghasilkan beton dengan kuat tekan maksimum.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Maryoto, 2014), ternyata tekanan beton dengan menggunakan fly ash 0% tidak menyebabkan kekuatan beton menurun bahkan cenderung naik. Kuat tekan maksimum terjadi pada beton dengan penambahan calcium streate sebesar 3 kg dan kandungann fly ash 40% kenaikannya sebesar 5.67%. Proses pembentukan beton dengan penambahan calcium streate dapat menyebabkan turunnya nilai absorpsi dan penerasi paling minimum yaitu dosis 2 kg calcium streate yaitu sebesar 1.35 % dan 1 cm pada beton yang diuji.

Zat aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah Nanocrys C-28.. Nanocrys C-28 adalah sebuah emulsi yang terbuat dari cairan tahan air yang berbahan aktif partikel nano. Nanocrys C-28 digunakan untuk mencegah masuknya air dan bahan kimia kedalam beton.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen atau percobaan (Experimental research). Dalam perhitungan sudut kontak pada beton dapat dilakukan dengan mengambil gambar tetesan cairan yang berada pada permukaan benda uji, dan melihat besar sudut kontak yang terbentuk dengan menggunakan aplikasi ImageJ. Absorpsi pada beton kita dapatkan dengan mengolah data berat beton sebelum di oven dengan berat beton setelah di oven. Absorpsi pada beton ini dilakukan untuk melihat besarnya daya serap dari beton yang dibuat.

Ada beberapa metode yang bisa dipakai untuk menentukan kuat tekan pada beton salah satunya adalah compression test dengan menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM). Uji kuat tekan beton dilakukan untuk mengukur kekuatan beton dengan cara memberikan tekanan pada sampel beton hingga beton mengalami kehancuran. Kelebihan menggunakan *Compression Testing Machine* ini adalah dapat menganalisa ketebalan material atau objek yang diuji, mengetahui standar dari material yang akan digunakan, serta dapat menganalisa sifat dari material yang diuji.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Komposisi Fly Ash Terhadap Sifat *Hydrophobic*, *Absorpsi* dan Kekuatan Beton”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, mengingat banyaknya limbah fly ash yang belum dimanfaatkan maka perlu dikaji permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Bagaimana pengaruh variasi komposisi fly ash terhadap sifat *hydrophobic* beton ?

- b. Bagaimana pengaruh variasi komposisi fly ash terhadap nilai absorpsi beton ?
- c. Bagaimana pengaruh variasi komposisi fly ash terhadap kekuatan beton?

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Umur beton yang diuji yaitu 7 hari.
2. Fly Ash yang digunakan adalah Fly Ash yang berasal dari air dingin PLTU Teluk Sirih Bungus.
3. Variasi perbandingan penambahan Fly Ash terhadap semen yang digunakan dari rentang 0% sampai 20%
4. Bahan tambah yang digunakan adalah zat aditif Nanocrys C-82.

### **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi Fly Ash terhadap sifat *hydrophobic* beton.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi Fly Ash terhadap nilai absorpsi beton.
3. Mengetahui pengaruh variasi komposisi Fly Ash terhadap kekuatan beton.

## **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika dapat memberikan ilmu pengetahuan dalam pengembangan pembuatan beton
2. Jurusan Fisika, bisa memperluas bidang kajian material
3. Bagi peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian fisika material
4. Peneliti lain, sebagai referensi dalam melakukan penelitian tentang material khususnya beton
5. Pembaca, dapat menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam kajian material terutama beton

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Beton**

Beton merupakan campuran dari pasir, kerikil, atau agregat lain yang dikombinasikan dengan pasta semen-air untuk membentuk massa seperti batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan. Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dimulai dari ukuran butir yang paling kecil (*lembut*) ke butir yang besar, yaitu :semen, pasir, dan kerikil. Jadi jika campuran beton menggunakan semen 1: 2: 3, berarti campuran adukan betonnya menggunakan semen 1 bagian, pasir 2 bagian, dan kerikil 3 bagian (Asroni, 2010).

Beton merupakan bahan yang bersifat porous, artinya memiliki pori—pori yang mempengaruhi kekuatan tekan dan sifat menyerap air. Pori-pori tersebut dapat dikurangi dengan memberi bahan tambah. Sehingga bahan tambah dapat menetralisasi absorpsi beton normal dan meningkatkan kedap terhadap tekanan air (Hewlett et al., 1977).

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak tertentu. Pada umumnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat desak yang tinggi. Karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat desaknya saja. Umur beton berpengaruh pada kuat desak beton (Kardiyono, 1992).

(Tattersal & Banfill, 1992) menyebutkan bahwa bahan untuk kedap air mempunyai efek mencegah air masuk kedalam beton melalui kapiler. Bentuk bahan tersebut berasal dari material sabun, butyl stearate dan bahan dari hasil minyak bumi. Bahan ini meredam absorpsi terhadap air dan senyawa perusak.

Bahan tambah ialah suatu bahan bubuk atau cairan yang ditambahkan dalam campuran beton selama pengadukan dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Jenis bahan tambah ada dua yaitu additive dan admixture.

#### a. Bahan tambah additive

Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang ditambahkan saat proses pembuatan semen di pabrik yang akan meningkatkan kuat tekan beton. Keuntungan menggunakan *additive* adalah dapat memperbaiki workability beton, mengurangi panas hidrasi beton, mengurangi biaya pekerjaan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat, meningkatkan usia beton dan mengurangi penyusutan. Beberapa bahan tambah mineral adalah abu terbang batu bara, Slag, Silika fume, Penghalus gradasi.

Bahan ini merupakan mineral yang dipakai untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran

yang tidak ada atau kurang agregat. Selain itu dapat digunakan untuk menaikkan mutu dari beton yang akan dibuat dan mengurangi permeabilitas atau ekspansi dan juga mengurangi biaya produksi beton.

b. Bahan tambah admixture

Bahan tambah *admixture* adalah bahan atau material selain air, semen dan agregat ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. *Admixture* biasanya digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton. Tujuan pemakaian *admixture* pada beton adalah untuk memperbaiki *workability* beton, mengatur faktor air semen pada beton segar, mengatur waktu pengikatan aduk beton, meningkatkan kekuatan beton, meningkatkan sifat kedap air pada beton, dan meningkatkan sifat tahan lama pada beton termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan akan gesekan.

Menurut standar ASTM.C.494-81 “*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*“ jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah, yaitu :

- 1) Tipe A *water-reducing admixtures*
- 2) Tipe B *retarding admixtures*
- 3) Tipe C *accelerating admixtures*
- 4) Tipe D *water reducing and retarding admixtures*
- 5) Tipe E *water reducing and accelerating admixtures*
- 6) Tipe F *water reducing, high range admixture*
- 7) Tipe G *water reducing , high range retarding admixtures*

c. Bahan Tambah Pembantu Kedap Air

Jika beton yang diproduksi terletak dalam air atau terletak didekat permukaan air tanah seperti terowongan, maka beton tidak boleh mengalami rembesan dan diusahakan kedap air. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah partikel-partikel halus atau gradasi yang menerus dalam campuran beton.

Menurut Mulyono, kelebihan dan kelemahan beton adalah dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi, biaya pemeliharaan yang kecil. Kelemahannya adalah bentuk yang telah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, berat, daya pantul suara besar. Menurut Ir. Tri Mulyono., MT, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (zat addictive). Pada Tabel 1 dibawah diperlihatkan *design admixture* yang bisa dipakai dalam pembuatan campuran beton.

Tabel 1. Evaluasi Waterproofing Admixture (WPA) dengan Semen Portland Biasa

No.	Bahan	Kontrol 1	Kontrol 2	WPA 2,5 l/m <sup>3</sup>	WPA 2,5 l/m <sup>3</sup>	WPA 5 l/m <sup>3</sup>
1.	Cemen (kg/m <sup>2</sup> )	391	391	391	391	391
2.	Coarse Agg. (19 mm max) (kg/m <sup>3</sup> )	1115	1181	1181	1181	1181
3.	Fine Agg (kg/m <sup>3</sup> )	758	803	803	803	803
4.	w/c	0.5	0.40	0.40	0.40	0.40
5.	Superplasticizer (mL/kg of cmt.)	1.3	3.9	4.2	4.2	4.2
6.	WPA (L/m <sup>2</sup> )	0	0	2.5	3.75	5

No.	Bahan	Kontrol 1	Kontrol 2	WPA 2,5 l/m <sup>3</sup>	WPA 2,5 l/m <sup>3</sup>	WPA 5 l/m <sup>3</sup>
7.	% Air	3.3	3	3	1.9	1.9
8.	Slump (mm)	159	102	178	178	172
9.	Comp. Stenght 1-day (Mpa)	11.6	20.4	19.3	18.9	18.2
10.	Comp. Stenght 7-day (Mpa)	30.4	44.7	41.5	40.6	41.0
11.	Comp. Stenght 28-day (Mpa)	40.8	57.1	53.6	52.9	48..6
12.	7- days Conductivity (μS/cm)	326	222	176	176	174

(Aldykiewicz, dkk, 2016)

## B. Fly Ash

Keberadaan Fly Ash di Sumatera Barat dapat ditemukan di beberapa perusahaan yang memproduksi batu bara. Fly Ash atau abu terbang adalah sisa-sisa pembakaran batu bara yang pada umumnya dihasilkan oleh PLTU. Fly Ash merupakan material pozzolanik yang baik. Fly ash mengandung oksida-oksida silika (SiO<sub>2</sub>), Aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan Calcium (CaO), serta potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah sedikit (Nugraha, 2007). Oleh karena itu, Fly Ash menjadi salah satu bahan limbah batu bara yang harus diupayakan pemanfataannya. Bentuk fly ash dapat terlihat seperti pada gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Fly Ash

Berdasarkan Gambar 1 diatas terlihat bahwa fly ash hampir mirip dengan semen bahkan lebih halus dan berwarna keabu-abuan. Fly Ash ini berasal dari PT. PLTU Teluk Sirih Bungus. Fly Ash mengandung senyawa silika yang sangat halus yang bersifat amorf sehingga mampu mengeras bila dicampur dengan semen. Senyawa yang terjadi antara silika amorf dan kapur adalah senyawa silikat kalsium yang sukar larut dalam air. Kemampuan pengerasan dari abu batu karena adanya bagian-bagian silika amorf yang halus. Kandungan kimia dalam fly Ash ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan kimia dalam Fly Ash

<b>Substance</b>	<b>Bituminous</b>	<b>Subbituminous</b>	<b>Lignite</b>
SiO <sub>2</sub>	20-60	40-60	15-45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	20-30	10-25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO <sub>3</sub>	0-4	0-2	0-10
Na <sub>2</sub> O	0-4	0-2	0-6
K <sub>2</sub> O	0-3	0-4	0-4
Loss On Ignition	0-15	0-3	0-5

Sumber : Lauw Tjun Nji(2019)

Penelitian penggunaan Fly Ash sebagai agregat halus dalam campuran beton telah dilakukan oleh (Maryoto, 2014). Pada penelitian tersebut dilakukan

penambahan Fly Ash dalam campuran beton dengan persentase fly ash yang digunakan adalah 40%. Pada penelitian ini terdapat penambahan Calcium Stearate dengan variasi komposisi 1 kg, 2 kg, 3kg, dan 4kg. Penambahan calcium stearate dapat membantu beton menjadi hydrophobic. Karena adanya peningkatan sifat hydrophobic ini maka beton akan lebih sulit dalam menyerap / absorb air, dan air juga akan sulit untuk meresap kedalam beton.

Dalam penelitiannya (Naibaho & Rahman, 2020) melakukan uji XRF terhadap fly ash yang digunakan, sehingga mendapatkan hasil seperti Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Uji XRF Fly Ash

No.	Kandungan	Kadar	No	Kandungan	Kadar
1.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12%	9	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.32%
2.	SiO <sub>2</sub>	32.20%	10	NiO	0.02%
3.	K <sub>3</sub> O	1.97%	11	CuO	0.06%
4.	CaO	14.70%	12	MoO <sub>3</sub>	1.80%
5.	TiO <sub>2</sub>	1.47%	13	BaO	0.38%
6.	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06%	14	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35%
7.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09%	15	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02%
8.	MnO	0.36%	16	Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0.24%

### C. Sifat Hydrophobic

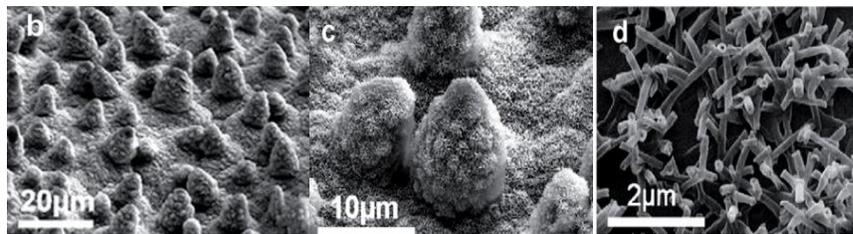
*Hydrophobic* berasal dari kata Hydro (air) dan phobos (takut) sehingga hydrophobic adalah sifat takut atau anti air. Contoh sifat *hydrophobic* terlihat pada permukaan daun yang selalu bersih dan tidak terlihat basah meski terkena air, contohnya daun lotus. Seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Air dipermukaan daun teratai (Li et al., 2017)

Pada Gambar 2 terlihat bahwa permukaan tidak basah saat terkena air, ini dikarenakan sifat *hydrophobic* yang dimiliki daun tersebut. *Hydrophobic* dapat diartikan sebagai sifat takut air atau anti air. Suatu permukaan dikatakan bersifat *hydrophobic* jika memiliki sudut kontak sebesar  $90^\circ$  (Feng et al., 2002). Suatu permukaan dapat dikatakan bersifat *hydrophobic* jika memiliki karakteristik tertentu. Karakteristik permukaan yang bersifat *hydrophobic* diantaranya memiliki sifat anti basah, memiliki sudut kontak  $90^\circ$ , dan senantiasa terlihat bersih (Feng et al., 2002). Menurut (Bhushan et al., 2009) sifat *hydrophobic* dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dan sudut kontak.

Sifat *hydrophobic* dari permukaan daun teratai dengan menggunakan beberapa perbesaran dapat kita lihat seperti Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Foto SEM permukaan daun teratai dengan berbagai perbesaran (Li et al., 2017).

Bentuk permukaan yang kasar dan yang kecil dikenal dengan istilah *papillose epidermal cells*. Bentuk permukaan ini yang mampu menolak air. Beberapa hal dapat mempengaruhi permukaan *hydrophobic* pada suatu daun diantaranya adalah gaya kohesi dan adhesi, tegangan permukaan dan sudut kontak permukaan yang terbentuk.

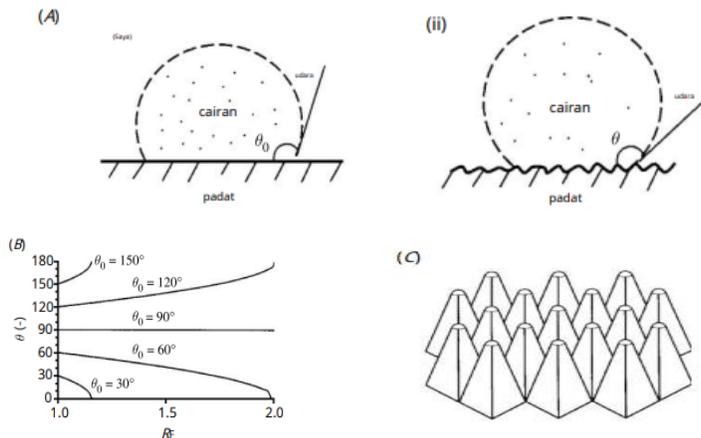
## **D. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sifat Hydrophobic**

### 1. Gaya Kohesi dan adhesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel yang sejenis. Gaya kohesi mengakibatkan dua zat bila dicampurkan tidak akan saling mendekat. Sedangkan adhesi adalah gaya tarik menarik antara partikel yang tidak sejenis. Gaya adhesi mengakibatkan dua zat akan melekat bila bercampur (Partikel suatu zat bisa bergabung dengan partikel zat lainnya).

Gaya kohesi dan adhesi mempengaruhi bentuk permukaan zat cair yang ada dalam wadahnya. Permukaan air yang berada dalam tabung reaksi berbentuk cekung disebut meniskus cekung sedangkan permukaan air raksa dalam tabung reaksi yang berbentuk cembung disebut meniskus cembung. Meniskus cembung akan menimbulkan sudut kontak  $> 90^\circ$  sedangkan meniskus cekung akan menimbulkan sudut kontak  $< 90^\circ$ .

Cairan yang membasahi benda padat mempunyai adhesi yang lebih besar dari pada kohesi. Permukaan yang memiliki tegangan permukaan yang rendah akan bersifat hidrofobik sedangkan permukaan yang memiliki tegangan permukaan tinggi akan bersifat hidrofilik. Permukaan yang memiliki nilai sudut kontak yang besar dengan air sangat sedikit sekali kontak permukaan dengan cairan yang juga dikenal dengan low-adhesion atau memiliki sifat adhesi yang rendah seperti daun teratai. Gambar 4 memperlihatkan bentuk pembasahan permukaan oleh cairan.



Gambar 4. (A) Skema tetesan cairan yang bersentuhan dengan (i) permukaan padat yang halus (sudut kontak,  $\theta_0$ ) dan (ii) permukaan padat yang kasar (sudut kontak,  $\theta$ ), (B) sudut kontak untuk permukaan kasar ( $\theta$ ) sebagai fungsi dari faktor kekasaran ( $R_f$ ) untuk berbagai.

Dimana  $\theta$  adalah sudut kontak untuk permukaan kasar,  $\theta_0$  adalah sudut kontak untuk permukaan yang halus, dan  $R_f$  adalah faktor kekasaran yang didefinisikan sebagai rasio area padat-cair  $A_{SL}$  untuk proyeksi pada bidang datar  $A_F$ ,

$$R_F = \frac{A_{SL}}{A_F} \quad (1)$$

Kohesi merupakan penyebab utama viskositas dalam cairan, karena kohesi berkurang dengan naiknya suhu, maka viskositas juga akan berkurang. Sebaliknya, gas mempunyai gaya-gaya kohesi yang sangat kecil sebagian besar tahannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekular (Streeter, Victor L : 1993).

## 2. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan adalah gaya perentang yang diperlukan untuk membentuk selaput, yang diperoleh dengan membagi suku energi permukaan dengan panjang satuan selaput dalam keseimbangan. Kegiatan tegangan permukaan adalah menaikkan tekanan didalam tetes kecil cairan atau di dalam jet kecil cairan. Tetes kecil yang berbentuk bola dengan jari-jari ( $r$ ), tekanan dalam  $p$  yang perlu untuk mengimbangi gaya tarik yang disebabkan oleh tegangan permukaan  $\sigma$  dihitung dalam gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda setengah bola bebas, dengan persamaan sebagai berikut :

$$p\pi r^2 = 2\pi r\sigma \text{ atau } p = \frac{2\sigma}{r} \quad (2)$$

(Streeter, Victor L : 1993).

## 3. Sudut Kontak

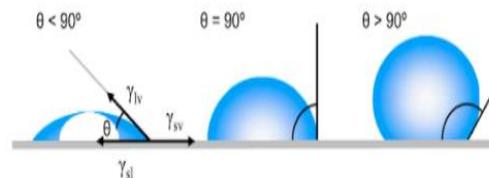
Pada permukaan hydrophobic, kekasaran permukaan akan mengakibatkan bertambah besarnya sudut kontak, sehingga permukaan akan semakin menolak air. Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk antara droplet dengan permukaan padat yang kontak ketika droplet diteteskan. Berdasarkan sifat pembasahan dan pengukuran sudut kontak, permukaan padat dapat diklarifikasikan kedalam empat kategori :

- Superhidrofilik, terjadi jika sudut kontak air kurang dari  $10^\circ$
- Hidrofilik, terjadi jika sudut kontak air antara  $10^\circ$  sampai  $90^\circ$
- Hidrofobik, terjadi jika sudut kontak air antara  $90^\circ$  sampai  $150^\circ$
- Superhidrofobik, terjadi jika sudut kontak air diatas  $150^\circ$

Jika sudut kontak antara cairan dan zat padat diketahui, maka kenaikan kapiler dapat dihitung untuk bentuk meniskus yang diasumsikan. Terdapat beberapa teori yang menjelaskan tentang hubungan sudut kontak dan kekasaran bahan yaitu :

a. Teori Young

Gaya yang terukur dari sifat *hydrophobic* adalah kombinasi dari berbagai jenis interaksi antar molekul seperti ikatan hidrogen dan gaya Van Der Waals.



Gambar 5. Tetapan air dalam keseimbangan membentuk sudut kontak statis dengan permukaan datar.

Dari Gambar (5) diatas dapat dilihat bahwa tegangan permukaan yang terbentuk adalah : cair dan uap ( $\gamma_{lv}$ ), cair dan padat ( $\gamma_{sl}$ ), serta padat dan uap ( $\gamma_{sv}$ ). Sudut yang terbentuk disebut dengan sudut kontak kesimbangan ( $\theta$ ), maka akan terbentuk gaya keseimbangan pada garis kontak permukaan di arah horizontal (x). Energi bebas dari sistem diminimalkan ketika komponen tegangan permukaan saling menghilangkan, yang berarti total tegangan permukaan adalah nol dalam keseimbangan mekanis.

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} - \gamma_{LV} \cdot \cos(\theta) = 0 \quad (3)$$

Dimana sudut ( $\theta$ ) adalah kontak. Energi permukaan  $\gamma_{sv}$  dan  $\gamma_{sl}$  berlawanan arah dengan komponen  $\gamma_{lv}$  dalam arah horizontal. Persamaan diatas dapat disusun dan didapatkan bentuk umum persamaan Young :

$$\cos(\theta) = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}} \quad (4)$$

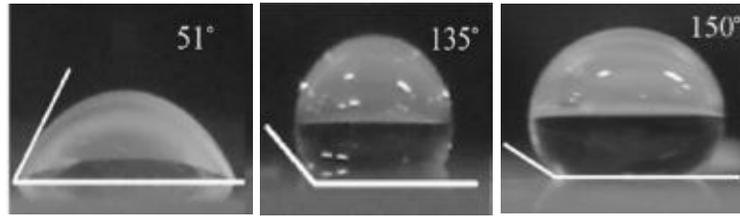
Persamaan young menunjukkan pada sudut kontak bahwa tetesan air pada permukaan berhubungan dengan energi permukaan atau tegangan permukaan. Persamaan young menjelaskan kondisi keseimbangan sistem yang memberikan parameter terukur, yaitu tegangan permukaan dan sudut kontak.

b. Teori Wenzel

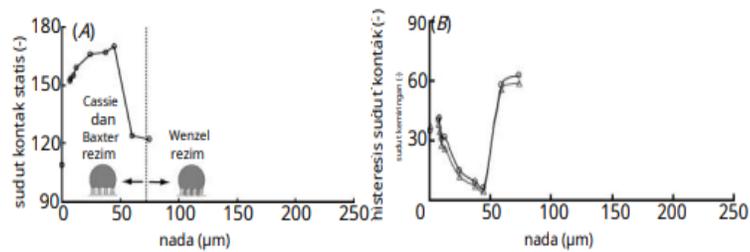
Konsep superhidrofobik pertama kali dikenalkan oleh wenzel pada tahun 1936 yang kemudian dikembangkan oleh Cassie dan Baxter pada tahun 1944. Wenzel memodifikasi persamaan young berdasarkan keadaan wenzel. Ia mengatakan bahwa ketika tetesan ditempatkan pada permukaan kasar, air tetesan akan mengisi kekasaran permukaan, tetesan itu akan menempel dengan baik di permukaan, kemudian wenzel memperkenalkan faktor kekasaran ( $r_s$ ).

$$r_s = \frac{A_r}{A_0} \quad (5)$$

Penerapan kesetaraan tekanan permukaan dan beberapa data empiris menyebabkan besarnya sudut kontak pada permukaan yang kasar ( $\theta$ ), berkaitan dengan besarnya sudut kontak untuk permukaan datar ( $\theta_0$ ). Besarnya sudut kontak untuk permukaan kasar diungkapkan oleh gambar berikut ( Lathe, 2012).

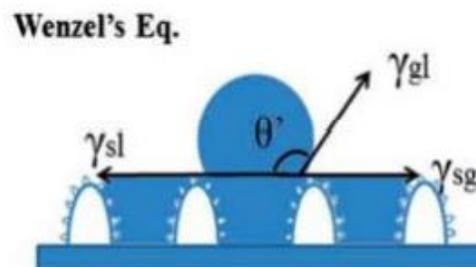


Gambar 6. Besarnya sudut kontak untuk permukaan kasar



Gambar 7. (A) Sudut kontak statis (lingkaran dengan garis putus-putus mewakili rentang kriteria transisi dan (B) histeresis sudut kontak (lingkaran) dan sudut kemiringan (segitiga) sebagai fungsi nilai pitch untuk permukaan berpola ( $5 \mu\text{m}$  diameter,  $10 \mu\text{m}$  tinggi p p

Ilustrasi model wenzel ditunjukkan pada Gambar 8.



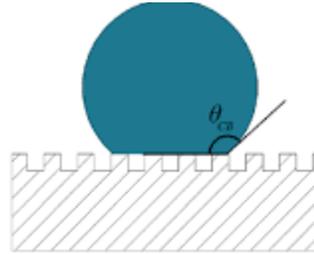
Gambar 8. Ilustrasi model wenzel (Zhan & Chen, 2014).

Pada gambar 8. Dimana ilustrasi model wenzel terdapat persamaan:

$$\cos \theta_w = r \cos \theta \quad (6)$$

c. Teori Cassie-baxter

Cassie-Baxter menjelaskan hubungan sudut kontak dengan permukaan kasar heterogen, seperti halnya permukaan daun teratai. Pada permukaan kasar heterogen, terdapat dua fraksi permukaan. Pertama dengan fraksi total,  $f_1+f_2=1$  (Bhushan et al., 2009). Kondisi Cassie-Baxter dapat dilihat seperti Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi Cassie-Baxter

Persamaan cassie—baxter dapat dilihat pada persamaan (7) berikut:

$$\cos \theta = f_1 \cos \theta_1 + f_2 \cos \theta_2 \quad (7)$$

Jika  $f$  adalah area fraksional dari suatu cairan yang kontak dengan padatan, maka  $(1-f)$  adalah area fraksional dari udara, dengan  $\theta = 180^\circ$  untuk udara.

$$\cos \theta = f \cos \theta + f - 1 \quad (8)$$

(Wenten, 2014)

4. Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Viskositas gas akan

meningkat seiring meningkatnya suhu, sedangkan viskositas cairan berkurang. Hukum viskositas Newton menyatakan bahwa untuk laju perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas. Nilai viskositas dapat dicari dengan menggunakan persamaan 8 :

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad (9)$$

(Streeter, Victor L : 1993).

## **E. Bahan Pembentuk Beton**

Beton merupakan ikatan dari material – material pembentuk beton yaitu terdiri dari campuran agregat kasar dan agregat halus, semen, air, dan ditambah dengan bahan campuran tertentu apabila dianggap perlu.

### **1. Semen Portland**

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 – 81 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut. Sifat fisika pada semen portland. Sifat – sifat fisika semen Portland meliputi :

a. Kehalusan Butir ( *Fineness* )

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu (*setting time*) menjadi lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi bleeding atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

b. Kepadatan ( *density* )

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah  $3.15 \text{ Mg/m}^3$ , pada kenyataannya berat jenis semen yang diproduksi berkisar  $3.05 \text{ Mg/m}^3$  sampai  $3.25 \text{ Mg/m}^3$ . Pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan Le Chatelier Flask menurut standar ASTM C – 188.

c. Konsistensi

Konsistensi semen Portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi sangat bergantung pada kehalusan semen dan kecepatan hidrasi.

d. Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras dihitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi

pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat dibedakan menjadi 2 yaitu :

- 1) Waktu ikat awal (*Initial setting time*) yaitu waktu pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan.
- 2) Waktu ikat akhir (*Final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen Portland, *initial setting time* berkisar antara 1 -2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8 jam.

e. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Dalam pelaksanaannya perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu perlu perawatan (*curing*) pada saat pelaksanaan.

## **2. Agregat Kasar**

Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karna komposisinya yang cukup besar, maka agregat menjadi sangat penting. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam dan agregat buatan. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut

standart ASTM agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.75 mm sedangkan agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm atau 4.75 mm atau 5.0 mm. Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir – butir yang pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir – butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.

### 3. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

#### a. Pasir galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 10 dibawah.



Gambar 10. Pasir Galian

#### b. Pasir sungai

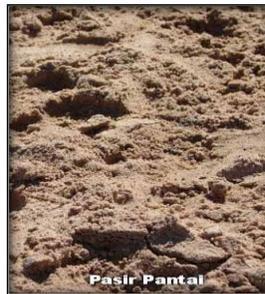
Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat akibat proses gesekan. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11 dibawah.



Gambar 11. Pasir Sungai

#### c. Pasir pantai

Pasir pantai berasal dari sungai yang mengendap dimuara sungai (dipantai) atau hasil gerusan air didasar laut yang terbawa air laut dan mengendap dipantai. Pasir pantai biasanya berbutir halus dan banyak mengandung garam. Sehingga pasir laut diteliti terlebih dahulu sebelum dipakai. Bentuk pasir pantai dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah.



Gambar 12. Pasir Pantai

#### 4. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa – senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan mengurangi mutu beton, bahkan dapat mengubah

sifat – sifat beton yang dihasilkan. Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau biasa disebut faktor air semen (FAS).

Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Air yang diperlukan pada campuran beton dipengaruhi oleh faktor – faktor dibawah ini :

- a. Ukuran agregat maksimum, semakin besar agregat maka kebutuhan air menurun.
- b. Bentuk butir, untuk bentuk bulat maka kebutuhan air menurun sedangkan untuk batu pecah diperlukan lebih banyak air.
- c. Gradasi agregat, dimana bila gradasi baik kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
- d. Kotoran dalam agregat, makin banyak kotoran pada agregat maka kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus, jika agregat halus sedikit maka kebutuhan air semakin menurun.

## **F. Kuat Tekan Beton**

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekanan per satuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil,

diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Pengujian kuat tekan biasanya digunakan pada benda uji silinder dan kubus. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang & Salmon, 1979).

Semakin besar volume pori dalam beton maka kekuatan beton semakin berkurang. Butir fly ash yang lebih halus menyebabkan semakin sedikit luas permukaan yang harus dibasahi air sehingga air bebas yang ada dalam beton bertambah pada nilai faktor air semen yang sama sehingga akan memudahkan proses pengadukan, penuangan dan pemadatan (Maryoto, 2009).

Pengujian kuat tekan dapat dilakukan dengan cara memberikan beban tekan kepada benda yang berbentuk silinder dan berdiameter konstan. Pada material ulet sangat susah memperoleh kurva tegangan-regangan dari pengujian kuat tekan ini, dikarenakan material yang ulet tidak bisa patah apabila ditekan (Dantes, 2017). Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis seperti yang ada pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

<b>JenisBeton</b>	<b>Kuat Tekan (Mpa)</b>
Beton Sederhan (Plain Concrete)	Sampai 10
Beton Normal (Beton biasa)	15-30
Beton Prategang	30-40
Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80

Sumber : Peraturan beton bertulang Indonesia (Umum, 1971)

Untuk pengujian laboratorium perlu diketahui bentuk benda uji yang akan dibuat. Setiap bentuk benda akan memiliki perbandingan kuat tekan yang berbeda-beda. Faktor bentuk benda uji dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah.

Tabel 5. Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Bentuk Benda Uji

<b>Benda Uji</b>	<b>Perbandingan Kuat Tekan</b>
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1.00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0.95
Silinder D = 15 cm, h = 30 cm	0.83

Sumber : Peraturan beton bertulang Indonesia (Umum, 1971)

Kuat tekan beton akan semakin tinggi seiring bertambahnya umur beton. Maksudnya adalah sejak beton dicetak laju kenaikan kuat tekan beton mula – mula cepat, lama – kelamaan laju kenaikan tersebut semakin lambat. Sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (10)$$

Keterangan

$f'c$  = Kuat tekan beton ( Mpa)

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

P = Beban tekan (N)

(Sijabat, 2007)

SKSNI S-36-1990-03 menyebutkan bahwa beton kedap air harus memenuhi sifat sebagai berikut :

1. Beton kedap air normal bila diuji dengan cara perendaman dalam air :
  - a) Selama 10 + 0.5 menit, resapan (absorpsi) maksimum 2.5% terhadap berat beton kering oven
  - b) Selama 24 jam, resapan maksimum 6.5% terhadap berat beton kering oven.
2. Beton kedap air agresif, bila diuji dengan cara tekanan air, maka tembusnya air ke dalam beton tidak melampaui batas berikut :
  - a) Agresif sedang : 50 mm
  - b) Agresif kuat : 30 mm

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat *Compression Testing Machine*.

Gambar alat uji tekan dapat dilihat pada Gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Alat Uji Kuat Tekan Menggunakan CTM

Pengujian kuat tekan menggunakan standart dari alat uji yaitu SNI 1974: 2011. Ukuran sampel pengujiann kuat tekan adalah 30 cm x 15 cm dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Sampel Uji Tekan

Faktor utama yang menjadi penentuan kuat tekan beton adalah perbandingan air terhadap semen. Kuat tekan beton menjadi acuan untuk menentukan kualitas dan mutu yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

1. FAS

FAS atau yang biasa disebut dengan faktor air semen. Semakin rendah nilai FAS maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Tetapi pada kenyataannya pada suatu nilai FAS tertentu semakin rendah nilai FAS maka kuat tekan beton akan rendah. Hal ini terjadi karena jika FAS rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan. Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai fas 0,4 – 0,6 tergantung mutu beton yang ingin yang dicapai.

2. Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut.

3. Jenis Semen

Kualitas pada jenis-jenis semen memiliki laju kenaikan kekuatan yang berbeda.

#### 4. Efisiensi dari perawatan (curing)

Kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan sebelum waktunya.

#### 5. Sifat agregat

Dalam hal ini kekerasan permukaan, gradasi, dan ukuran maksimum agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton.

### **G. Absorpsi**

Pengujian absorpsi beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian absorpsi dilakukan dengan cara menimbang benda uji setelah di oven selama 3 hari dengan suhu  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , kemudian direndam selama 10 menit dalam air. Kemudian diangkat dan dibersihkan dari air hingga jenuh kering muka dan ditimbang. Berdasarkan SNI 03-6433-2000, perhitungan besarnya penyerapan air menggunakan persamaan (11).

$$\text{absorpsi} = \frac{b - a}{a} \times 100 \quad (11)$$

Keterangan :

a = Berat beton setelah di oven 3 hari.

b = Berat beton setelah direndam 10 menit.

## **H. Nanocrys-C82**

Waterproofing Nanocrys C-82 adalah material berbentuk cair yang didalamnya terkandung partikel-partikel yang berukuran sangat kecil yaitu 1 nanometer ( 0,000000001 m). Partikel tersebut mampu masuk dan mengisi pori-pori beton sehingga menjadikan beton bersifat hydrophobic atau kedap terhadap air. Nanocrys C-82 memiliki nilai PH 7-8 dan berat jenis 0.98g/l. Fungsi Nanocrys C-82 berbeda dengan penggunaan cat, dilihat dari fungsinya meskipun memiliki peran yang sama sebagai pelapis beton, beton dengan Nanocrys C-82 akan melindungi beton dari curah hujan yang tinggi agar air hujan tidak merembes kedalam beton. Nanocrys C-82 memiliki fleksibilitas yang tinggi dibanding cat sehingga dapat menutupi retak-retak halus pada beton dan mencegah masuknya air pada beton. Biasanya cat tembok memberikan perlindungan dari noda bukan menangkal air masuk kedalam beton secara keseluruhan.

### **1. Hubungan Variasi Komposisi Bahan Dengan Sifat Hydrophobic**

Nanocrys ini termasuk kedalam waterproofing crystalline mengandung bahan nanocrystal yang menyebabkan pori-pori dan kapiler pada beton akan tertutup dan menolak air sehingga struktur partikel beton menjadi kedap air.

### **2. Hubungan Variasi Komposisi Bahan Dengan Absorpsi Beton**

Absorpsi pada beton normal ataupun beton tanpa aditif kedap air sangat tinggi. Berdasarkan data dari spesifikasi Teknis PT. Cemainted SSI, absorpsi beton normal berkisar 3%. Air dengan tekanan tertentu bisa

masuk kedalam beton melalui kapiler atau pori-pori beton. Dengan menggunakan waterproofing crystalline Nanocrys C-82 yang mengandung partikel-partikel yang berukuran nano akan menutup pori-pori beton. Sehingga air tidak dapat masuk kedalam beton dan menyebabkan nilai absorpsi beton mengecil.

### 3. Hubungan Variasi Komposisi Bahan Dengan Kuat Tekan Beton

Pelapisan beton menggunakan nanocrystalline menyebabkan nilai absorpsi beton semakin rendah, sehingga nilai kuat tekan beton akan semakin meningkat. Dalam penelitian (Wulandari, 2019) sifat kedap air antara benda uji beton yang termasuk kriteria kedap air dengan fas 0,40 terhadap beton normal dengan fas 0,55. Kedua jenis beton tersebut dilakukan uji tekan terlebih dahulu, untuk beton fas 0,40 memiliki kuat tekan rata-rata 37,85 MPa, sedangkan kuat tekan rata-rata beton fas 0,55 sebesar 26,20 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan minimal dua lapis waterproofing dapat menghambat masuknya air ke dalam beton fas 0,55. Beton fas 0,55 yang diberi bahan pelapis kedap air memiliki resapan dan kedalaman rembesan air lebih kecil daripada beton dengan fas 0,40 tanpa pelapis.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh variasi komposisi fly ash terhadap sifat hydrophobic beton didapatkan bahwa sudut kontak akan semakin rendah seiring dengan bertambahnya variasi komposisi fly ash yang digunakan dalam campuran beton. Hal itu dapat terlihat dari besarnya sudut kontak yang didapatkan.
2. Pengaruh variasi komposisi fly ash terhadap nilai absorpsi beton yaitu semakin besar persentase fly ash yang digunakan nilai absorpsi beton akan semakin tinggi, yang artinya nilai absorpsi atau penyerapan air beton berbanding lurus dengan persentase penggunaan fly ash.
3. Pengaruh variasi komposisi fly ash terhadap kekuatan beton, penggunaan fly ash dalam beton dengan penambahan zat aditif nanocrys menyebabkan kekuatan beton cenderung menurun. Kekuatan beton dengan penggunaan fly ash 0% dengan penambahan zat aditif nanocrys mencapai kekuatan beton tertinggi, kemudian diikuti oleh persentase campuran fly ash 15% yang memiliki kekuatan tekan beton tertinggi kedua. Sehingga harus ditetapkan persentase fly ash yang digunakan agar mendapatkan kekuatan beton maksimal.

#### **B. Saran**

Berdasarkan penelitian ini diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat mengamati jenis zat aditif Nanocrys C-82 yang digunakan. Melakukan pengujian

senyawa terhadap fly ash yang digunakan sehingga dapat menemukan senyawa apa saja yang dapat mempengaruhi sifat dari beton yang dihasilkan, serta memperhatikan nilai faktor air semen yang digunakan, agar pengaruh variasi fly ash terhadap nilai penyerapan air dan kekuatan beton dapat terlihat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alifianti, Jeny. 2019. *Penggunaan Serat Ampas Tebu Sebagai Bahan Pengganti Serat Fiberglass Pada Pembuatan Campuran Plafon GRC (Glassfiber Reforced Cement) Terhadap Uji Kuat Lentur, Uji Kuat Tekan, Dan Resapan Air*. Surabaya : Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Alit, I. M., & Salain, K. (2011). *POZZOLAN DENGAN YANG MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND TIPE I*. 97–102.
- Asroni, A. (2010). *Balok dan pelat beton bertulang*.
- Bhushan, B., Jung, Y. C., & Koch, K. (2009). Micro-, nano-and hierarchical structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1894), 1631–1672.
- Catur Marina, B., & Ahmad Pujiyanto, D. (2020). Pengaruh Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Berpori. *Jurnal Sainstis*, 20(02), 110–118.  
[https://doi.org/10.25299/sainstis.2020.vol20\(02\).5622](https://doi.org/10.25299/sainstis.2020.vol20(02).5622)
- Feng, L., Li, S., Li, Y., Li, H., Zhang, L., Zhai, J., Song, Y., Liu, B., Jiang, L., & Zhu, D. (2002). Super-hydrophobic surfaces: from natural to artificial. *Advanced Materials*, 14(24), 1857–1860.
- Hewlett, P. C., Edmeades, R. M., & Holdsworth, R. L. (1977). Integral Waterproofers for Concrete. *Cement Admixtures-Uses and Applications*, 63–78.
- Kardiyono, T. (1992). Bahan Bangunan. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Maryoto, A. (2014). Sinergi Penggunaan Calcium Stearate dan Fly Ash dalam Beton untuk Menahan Tekanan Air. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 16(2), 135–140.

- Naibaho, A., & Rahman, A. (2020). Efek Penambahan Fly Ash Tipe C terhadap Kuat Tekan Mortar. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 5(1), 51. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v5i1.1612>
- Naibaho, A., Takim, T., & Ningrum, D. (2016). Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Mortar. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 1(2), 91–100.
- Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton; Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*.
- Nugroho, E. H. (2010). Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement). *Skripsi*, 54.
- Rommel, E., Wahyudi, Y., & Dharmawan, R. (2016). Tinjauan Permeabilitas Dan Absorpsi Beton Dengan Menggunakan Bahan Fly Ash sebagai Cementitious. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(2), 141–145. <https://doi.org/10.22219/jmts.v13i2.2559>
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Prosiding Semnastek*.
- Sihombing, L. (2017). *Pengaruh Penambahan Sika Fume terhadap Kuat Tekan Beton Porous (Penelitian)*.
- Suarnita, I. W. (n.d.). *Kuat tekan beton dengan aditif fly ash ex. pltu mpanau tavaeli*.
- Tattersal, G. H., & Banfill, B. F. G. (1992). *Rheology of Concrete*. Pitman Advance Publishing, USA.
- Umboh, A. H., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Pengaruh pemanfaatan abu terbang (fly ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 2(7).
- Umum, D. P. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971). *Departemen*

*Pekerjaan Umum.*

Wang, C.-K., & Salmon, C. G. (1979). *Reinforced concrete design.*

WULANDARI, A. (2019). *ANALISIS PENGARUH JUMLAH LAPISAN WATERPROOFING JENIS CEMENTITIOUS DAN ACRYLIC PADA SIFAT KEDAP AIR BETON.* Universitas Gadjah Mada.