

FABRIKASI DAN KARAKTERISASI PERMUKAAN SEMEN BERSIFAT HIDROFOBİK

Muhammad Salam¹, Mamat Rokhmat², Rusnardi Rustam³

^{1,2} Universitas Telkom, Bandung

³ Universitas Negeri Padang, Padang

mamatrokhmat@student.telkomuniversity.ac.id¹, muhammadsalam@student.telkomuniversity.ac.id²,
rusnardi.rahmat@ft.unp.ac.id³

ABSTRACT

Salah satu permasalahan yang dijumpai pada bangunan adalah mudah terkorosi oleh larutan garam dan mudah retak karena air yang menembus beton. Permasalahan tersebut merupakan faktor yang berkontribusi pada degradasi semen. Ketahanan semen mortar memiliki implikasi ekonomi serius berupa biaya perawatan dan penggantian suatu struktur. Oleh karena itu dibutuhkan membuat semen mortar yang anti air atau hidrofobik. Tujuan penelitian ini untuk memfabrikasi dan mengetahui karakteristik semen hidrophobik yang dibuat dengan berbagai macam variasi perlakuan. Jenis penelitian ini adalah eksperimen. Variabel Bebas adalah variasi komposisi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yaitu 10 %, 20% dan 30% dan variasi molar THF : PU yaitu 5:6molar, 1:10molar, 1:10,9molar dengan total setiap variasi adalah 11 molar. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu jumlah komposisi pasir otawa, aquades dan pasir silika 20-30 mesh yaitu 4:11:2 (sesuai standar SNI), cetakan 5 cm x 5cm kubus semen mortar, lama perendaman 7 hari, temperatur 60 °C dan lama pemanasan 1 jam. Variable terikat yaitu besar sudut kontak dan nilai kekuatan semen mortar. Besar sudut kontak diukur dengan menggunakan metode *sesille drop* dan nilai kekerasan menggunakan alat *hardness vickers*. Hasil penelitian ini adalah berhasilnya sintesis semen mortar bersifat superhidrofobik, dengan sudut kontak 152° , sudut kontak 152° terjadi pada kondisi mortar direndam dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10% lalu dipanaskan pada temperatur 60 derajat dan dijemur dibawah sinar matahari selama 2 jam, adanya penurunan nilai sudut kontak dari penambahan konsentrasi poliurethan terhadap THF dan konsentrasi perendaman ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimum semen mortar hidrofobik adalah pada perendaman ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 10% dengan sudut kontak 154,14 derajat dan kekerasan 139,4 kg/cm².

Katakunci : beton, semen portland, pasir silika, poliuteraan, hidrofobik, daya tahan

PENDAHULUAN

Peradaban modern sangat bergantung pada material semen mortar. Semen mortar adalah jenis bahan bangunan dengan bahan dasar semen yang mempunyai sifat mekanik yang sangat kuat. Semen mortar banyak digunakan sebagai bahan dinding, struktural untuk gedung, jembatan, terowongan, dll. Semen mortar merupakan adukan yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen Portland) dan air. Namun permasalahan yang banyak dijumpai saat ini, penggunaannya semen mortar sangat rentan terhadap ekspos pengaruh kondisi lingkungan. Banyak bangunan dari semen mortar terkorosi oleh larutan garam dan mudah retak karena air yang menembus semen mortar. Permasalahan tersebut merupakan faktor yang berkontribusi pada degradasi semen mortar.

Ketahanan semen mortar memiliki implikasi ekonomi serius berupa biaya perawatan dan penggantian suatu struktur. Oleh karena itu, dalam mendesain struktur, karakteristik ketahanan semen mortar harus dievaluasi secermat mungkin seperti sifat mekanik, dan kekerasan [1]. Untuk meningkatkan ketahanan semen mortar, telah banyak usaha yang dilakukan oleh para peneliti seperti menambahkan materi pengikat, mineral pozzolan atau serat campuran [1]. Usaha tersebut dapat meningkatkan homogenitas semen mortar namun menimbulkan dampak negatif pada semen mortar seperti sifat mekanik yang menurun.

Usaha berikutnya adalah dengan memperhatikan permeabilitas dari semen. Permeabilitas merupakan parameter penentu dan memiliki pengaruh terbesar terhadap keawetan semen mortar. Ukuran dan kontinuitas pori-pori akan mengontrol koefisien permeabilitas. Untuk mengurangi permeabilitas semen mortar, perawatan waterproofing diakui sebagai cara yang efektif [1,2,3]. Untuk perawatan waterproofing, dibutuhkan pelapisan dinding semen mortar dengan agen hidrofobik.

Hidrofobik dapat diartikan sebagai sifat takut air atau anti air. Sifat hidrofobik ini meniru tumbuhan yang memiliki sifat anti air yaitu teratai (lotus). Air atau fluida yang jatuh pada permukaan daun akan berbentuk bola dan menggelinding. Suatu permukaan dikatakan bersifat hidrofobik jika memiliki sudut kontak besar dari 90° dan jika memiliki sudut kontak diatas 150° dikatakan bersifat superhidrofobik. Karakteristik permukaan yang bersifat hidrofobik atau superhidrofobik memiliki sifat anti basah dan mampu membersihkan dirinya sendiri (self cleaning) sehingga permukaan selalu terlihat bersih. Ada dua faktor yang menyebabkan daun lotus bersifat hidrofobik. Faktor pertama terdapat tonjolan-tonjolan berukuran mikro atau nano yang tersebar pada permukaan daun. Tonjolan-tonjolan tersebut berkontribusi pada kekasaran permukaan. Faktor kedua adanya lapisan lilin berupa minyak pada permukaan daun [2]. Minyak adalah senyawa organik yang menolak air sehingga disebut agen hidrofobik.

Sejumlah besar zat aditif organik telah diteliti sebagai agen hidrofobik adalah alkil-alkoksi silan, surfaktan, akrilik, polytetrafluoroethylene (PTFE), polieter eterketon (PEEK), silanized diatomaceous earth (DE) atau Poliuretan (PU). Bahan tersebut dilapisi ke permukaan semen mortar dengan resin epoksi untuk mendapatkan permukaan hidrofobikataupun superhidrofobik.

Poliuretan merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi uretan ($-NHCOO-$) dalam rantai utama polimer [4]. Poliuretan (PU) merupakan jenis bahan pengisi dan salah satu agen hidrofobik. Poliuretan dibuat dengan mereaksikan molekul yang memiliki gugus isosianat dengan molekul yang memiliki

gugus hidroksil. Sehingga poliuretan dapat bersifat polimer yang sangat fleksibel baik secara fisik maupun dalam pengaplikasiannya[5]. Dalam penggunaannya PU direaksikan dengan senyawa tetrahydrofuran (THF). Tetrahydrofuran, atau dikenal sebagai THF, adalah senyawa organik heterosiklik dengan rumus kimia $(CH_2)_4O$.

Untuk memodifikasi semen mortal menjadi hidrofobik, dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti coating (memberi lapisan pelindung secara kontinu pada permukaan mortar), pengisian partikel pada mortar, dan modifikasi secara struktural [6]. Salah satunya penelitian yang modifikasi semen mortal secara struktural yaitu dengan cara melakukan sintesis permukaan semen mortal dengan menggunakan bahan aditif kalsium karbonat ($CaCO_3$) dengan variasi temperatur [1]. Hasil dari penelitian tersebut di peroleh semen mortal bersifat hidrofobik dengan sudut kontak maksimum 129° yang terbentuk pada temperatur $60^\circ C$.

Selain itu, permukaan hidrofobik juga dapat diperoleh dengan menggunakan abu sekam padi, abu lumpur kertas, atau nanosilika gel yang dilapisi ke permukaan semen mortar. Cara lain untuk mendapatkan permukaan hidrofobik adalah metode templat, fitur cetakan yang terbuat dari poli-dimethylsiloxane (PDMS) direplikasi dan kemudian senyawa berbasis siloksan disemprotkan untuk membentuk permukaan energi rendah [3].

Penelitian selanjutnya mengenai efek penambahan PDMS terhadap ketahanan dan kinerja mortar semen tahan air dengan variasi PDMS yang digunakan 0%, 0,2%, 0,4, 0,6%, 0,8%, 1,0%, dan 1,2% dari berat semen [7]. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa PDMS menghasilkan mortar yang superhidrofobik dengan sudut kontak $157,3^\circ$ dan secara mekanis kuat terhadap abrasi. Namun kelemahannya kuat tekannya berkurang sebesar 30,9%.

Penelitian tentang kuat tekan menemukan bahwa perendaman beton dengan air selama 7 hari akan meningkatkan kekuatan tekan secara cepat, namun jika direndam terus selama 28 hari, kekuatan tekannya akan turun [8]. Penelitian lainnya yaitu pengaruh waktu perendaman larutan kapur jenuh terhadap kuat tekan. Perendaman dilakukan dengan larutan kapur jenuh selama 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kuat tekan semua sampel memiliki nilai diatas standar [9]. Perendaman dengan larutan kapur bertujuan untuk menetralkan pH dan juga untuk menutupi pori-pori pada mortar yang akan direndam karena larutan akan bereaksi dengan udara membentuk lapisan tipis yang akan menutupi pori-pori.

Penelitian tentang hidrofobisasi mortar menggunakan limbah busa poliuretan (WPF) dengan variasi komposisi 5%, 10%, 15% serta penambahan bahan resin metil silikon dan alkil alkoksi silane [10]. Pada penelitian ini metode lapisan hidrofobik pada mortar dilakukan dengan cara melapisi salah satu permukaan sampel yang diaplikasikan dengan menggunakan kuas. Hasil penelitian tersebut sudut kontak mortar yang tidak dilapisi dengan lapisan hidrofobik 3 kali lebih rendah dari pada mortar yang dilapisi dengan lapisan hidrofobik. Hasil sudut kontak terbaik didapatkan dengan penambahan resin metil silikon. Sudut kontak terbaik yang diperoleh adalah 103° .

Walaupun sudah banyak penelitian tentang semen hidrofobik, namun masih terdapat berbagai macam kekurangan seperti, sudut kontak sudah mencapai superhidrofobik tetapi kuat tekan menurun 30,9%, atau sebaliknya kuat tekannya memenuhi standar tetapi sudut kontak masih rendah. Disamping itu belum ada penelitian

yang melaporkan tentang sintesis permukaan semen hidrofobik melalui rute karbonasi. Karbonasi semen mortar adalah proses karbondioksida bereaksi dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dalam matriks semen untuk membentuk kalsium karbonat dan air serta reaksi stoikiometri adalah: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ [1]. Padahal banyak penelitian yang melaporkan tentang sintesis kalsium karbonat hidrofobik melalui rute karbonasi [3,11,12]. Namun belum diaplikasikan ke semen mortar. Kalsium karbonat hidrofobik mengarah ke banyak aplikasi industri. Bahan ini digunakan sebagai pigmen, mortar, dan abrasif dan di kertas dan plastik sebagai pengisi. Beberapa aditif organik digunakan untuk mensintesis CaCO_3 hidrofobik melalui karbonasi adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ termasuk asam oleat, okta dekil hidrogen fosfat, natrium oleat, asam stearat, dan asam dodekanoat. Berbagai campuran hidrofobik telah diperiksa untuk semen mortar [1]. Dalam banyak kasus, campuran menyebabkan kerusakan pada sampel semen mortar, misalnya, peluruhan sampel yang lebih besar dalam uji ketahanan.

Disamping itu, selama bertahun-tahun, sabun logam telah dipelajari untuk sifat hidrofobiknya, tetapi dalam prakteknya belum digunakan dalam bahan bangunan hidrofobik. Hal ini karena produk sampingan dari penggunaan sabun adalah garam yang larut dalam air yang menyebabkan peningkatan higroskopisitas dari bahan. Selain itu, tidak disarankan menggunakan sabun untuk hidrofobisasi bangunan permukaan karena ketahanannya yang rendah terhadap kotoran, kerusakan mekanis dan salinitas [11]. Selain itu banyak faktor yang tidak menguntungkan lainnya. Faktor tersebut meliputi gangguan pada proses hidrasi semen dengan adanya suatu senyawa hidrofobik senyawa yang menurunkan kuat tekan material. Saat ini, hanya senyawa organik silikon yang digunakan untuk hidrofobisasi semen mortar dengan semen portland. Namun, kerugiannya dari semen hidrofobik ini sangat mahal.

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik melakukan penelitian tentang fabrikasi/pembuatan dan mengetahui karakteritik semen mortar hidrofobik yang dibuat dengan berbagai macam variasi. Variasi yang digunakan adalah variasi komposisi perendaman kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan variasi komposisi Tetrahydrofuran (THF) dengan Poliuretan (PU).

Bahan aditif yang digunakan yaitu $\text{Ca}(\text{OH})_2$. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dipilih dikarenakan sifat-sifat kapur berpotensi meningkatkan kinerja kuat tekan mortar, dapat mengeras dengan cepat setelah tercampur dengan air, serta menghasilkan rekatan yang kuat. Selain itu, bahan tersebut merupakan bahan perekat hidrolis, yaitu suatu bahan yang bila dicampur dengan air, maka akan membentuk pasta kemudian mengeras dan setelah mengeras tidak dapat larut kembali dalam air. Proses pengerasan bahan pengikat hidrolis akan lebih baik jika dilakukan dalam rendaman air, selain itu juga akan menghasilkan produk tahan air jika dilakukan poses karbonisasi.

METODE PENELITIAN

1. Bahan dan Preparasi sampel

Semen Portland Tipe I berbahan dasar ASTM C150 dan pasir Ottawa dengan sebaran ukuran 20-30 mesh. Sebuah mortar semen dibuat dari semen portland dengan jenuh permukaan pasir kering, dan aquades dengan perbandingan 4: 11: 2, lalu dicetak menjadi kubus berukuran 5cm x 5cm di akrilik cetakan. Kubus diawetkan pada suhu kamar selama sehari dan dilakukan secara kontinyu perendaman dalam larutan jenuh $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama

satu minggu. Balok semen kemudian diambil untuk reaksi karbonasi. Reaksi karbonasi dilakukan dalam *autoclave* (*Autoclave Engineers*, $V = 500 \text{ cm}^3$) pada tekanan CO_2 2 kgf / cm^2 . Larutan organik dibuat dengan pengambilan 1: 1 molar rasio (0,004 mol) asam stearat dan natrium hidroksida dalam 400 mL air deionisasi. Campurannya diaduk pada suhu 70°C selama 5 menit dan dipenuhi sehingga kubus penutup di *autoclave*. *Autoclave* disegel dan diberi tekanan dengan CO_2 sampai tekanan yang diinginkan. Reaksi karbonasi dilakukan keluar pada suhu yang berbeda (30, 60, 90, 120 dan 150°C) selama 24 jam. Setelah ini, reaktor dibiarkan mencapai suhu kamar dan gas CO_2 dibuang. Selanjutnya kubus dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama satu hari. Kubus semen tanpa larutan organik dan karbonasi disebut sebagai sampel kontrol. Disebut Kubus semen dengan larutan organik dan tanpa karbonasi disebut sampel control 2. Penamaan sampel dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama sampel

Variasi	NAMA
1	Tidak direndam dan tidak dilapisi
2	Tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (6:5 mol)
3	Tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10 mol)
4	Tidak direndam dan dilapisi dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10,9 mol)
5	Direndam 10% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan tidak dilapisi
6	Direndam 20% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan tidak dilapisi
7	Direndam 30% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan tidak dilapisi
8	Direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (6:5 mol)
9	Direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10 mol)
10	Direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10,9 mol)
11	Direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (6:5 mol)
12	Direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10 mol)
13	Direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10,9 mol)
14	Direndam 30% dan larutan campuran poliurethan terhadap THF (6:5 mol)
15	Direndam 30% dan larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10mol)
16	Direndam 30% dan larutan campuran poliurethan terhadap THF (1:10,9 mol)

2. Karakterisasi

Pengukuran sudut kontak menggunakan metode *sessile drop* menggunakan aplikasi *image J*, Foto diambil dengan menggunakan kamera resolusi tinggi seperti Cannon. Pengukuran kekerasan dari semen mortal menggunakan alat *Hardness Vickers*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Semen mortar ukuran 5 x 5 cm yang telah dibuat dengan standar SNI, dapat dilihat pada Gambar 1.

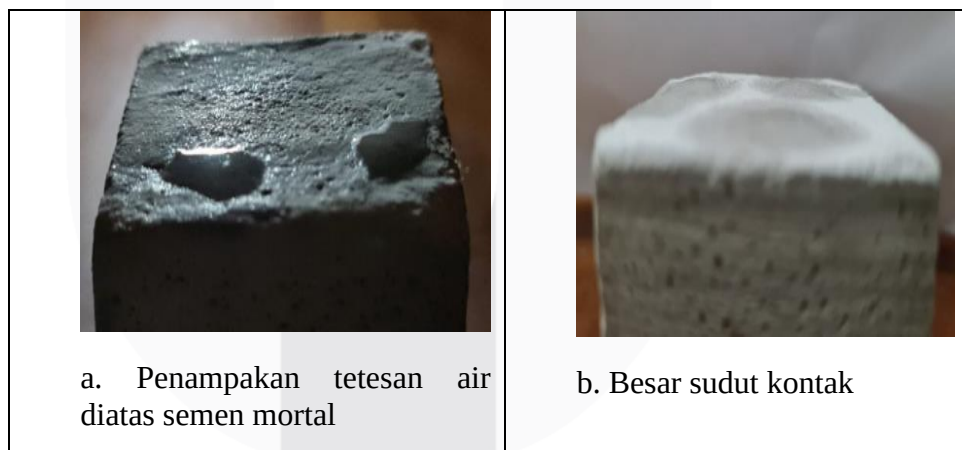


Gambar 1. Semen mortar ukuran 5x5 cm

1. Sudut Kontak

a. Semen Mortar Variasi 1 (Sampel Kontrol)

Besar sudut kontak semen mortar tidak direndam dan tidak dilapisi larutan campuran (sampel kontrol) dapat dilihat pada Gambar 2.

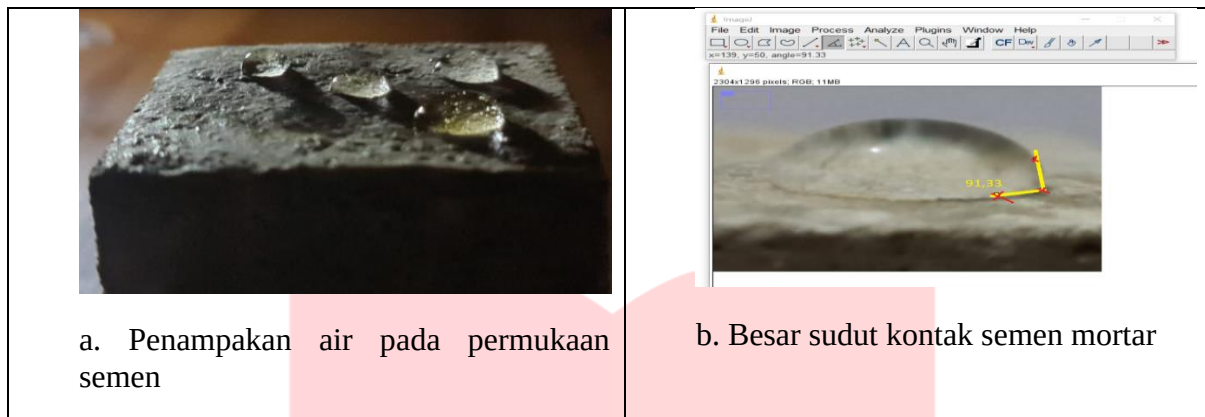


Gambar 2. Semen mortar sampel control, sudut kotak rata-rata adalah 0 derajat

Gambar 2. memperlihatkan penampakan semen mortar tidak direndam dan tidak dilapisi larutan campuran. Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida air, semen mortar tersebut langsung menyerap air tersebut dan tidak meninggalkan gumpalan air di atasnya. Kemudian ketika dilakukan pengukuran suduttt kontak diperoleh sudut kotak rata-rata aadalah 0 derajat.

b. Semen Mortar Variasi 2

Semen mortar variasi 2 adalah tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Penampakan semen mortal dapat dilihat pada Gambar 3.

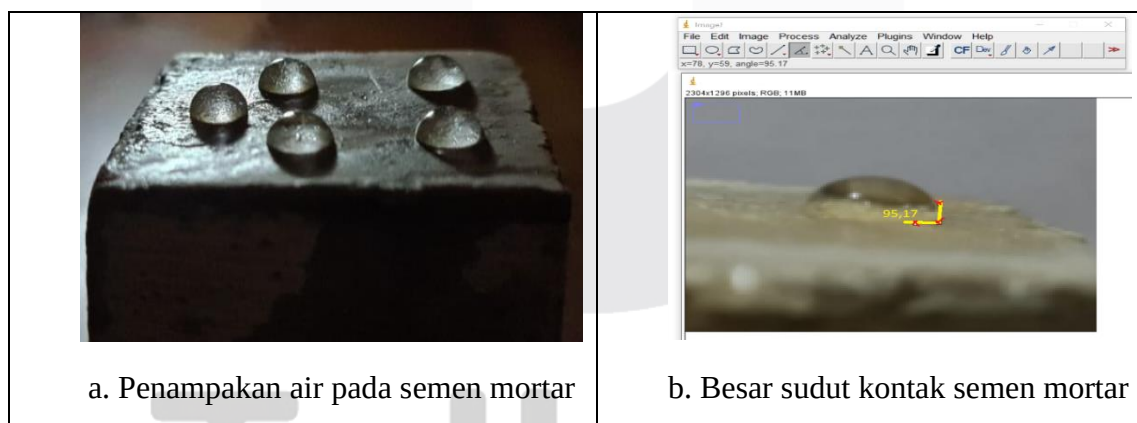


Gambar 3. Semen mortar tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). sudut kotak rata-rata adalah 91,54 derajat

Gambar 3 memperlihatkan penampakan semen mortar tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 91,54 derajat.

c. Semen Mortar Variasi 3

Semen mortar variasi 3 adalah tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 4.

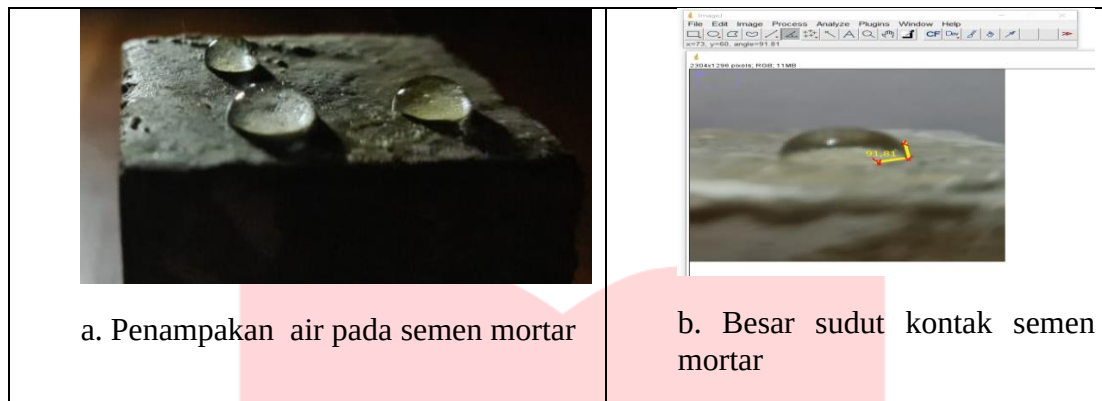


Gambar 4. Besar sudut kontak semen mortar tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Sudut kotak rata-rata adalah 95,16 derajat,

Gambar 4 memperlihatkan penampakan semen mortar tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 95,16 derajat.

d. Semen Mortar Variasi 4

Semen mortar variasi 4 adalah tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Semen mortar tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Sudut kotak rata-rata adalah 90,75 derajat.

Gambar 5 memperlihatkan penampakan semen mortar tidak direndam dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 90,75 derajat.

e. Semen Mortar Variasi 5

Semen mortar variasi 5 adalah direndam 10% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 6.

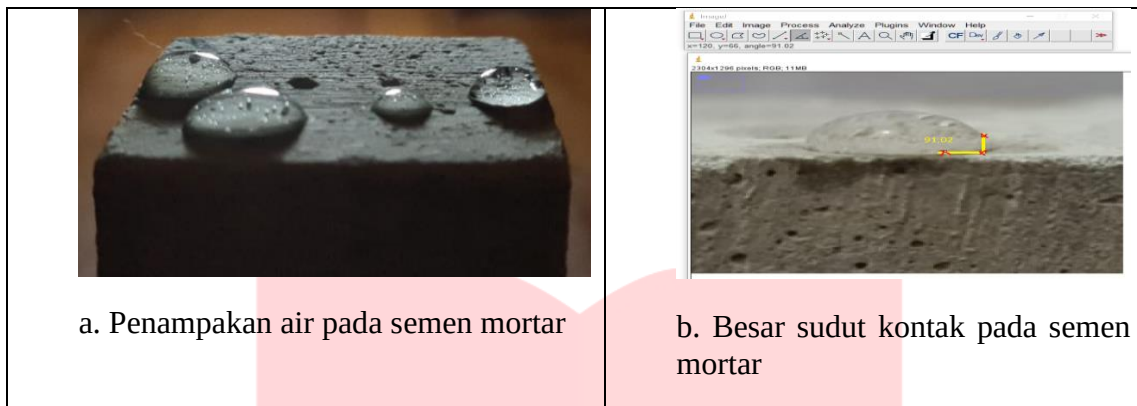


Gambar 6. Semen mortar direndam 10% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. sudut kotak rata-rata adalah 154,14 derajat.

Gambar 6 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 10% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 154,14 derajat.

f. Semen Mortar Variasi 6

Semen mortar variasi 6 adalah direndam 20% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 7.

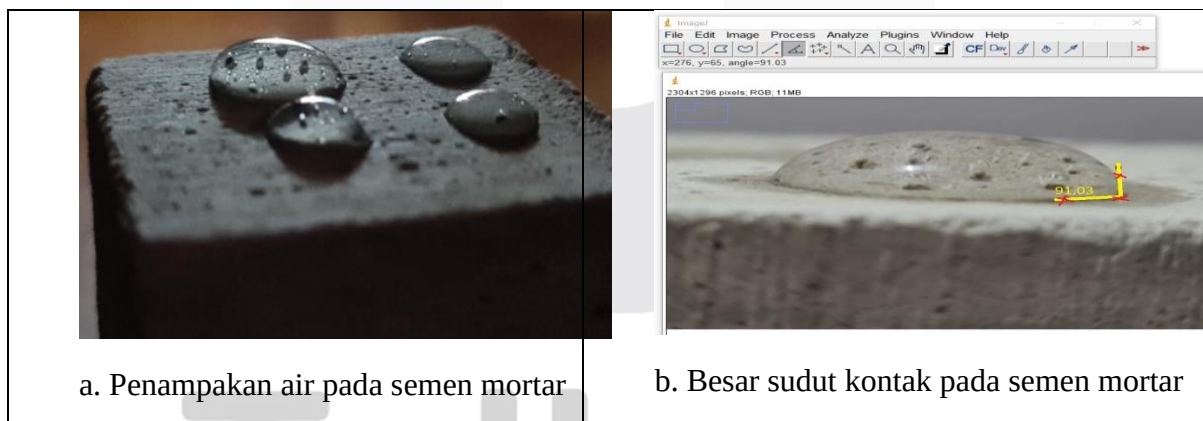


Gambar 7. Semen mortar direndam 20% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. sudut kotak rata-rata adalah 91,56 derajat,

Gambar 7 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 20% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 91,56 derajat.

g. Semen Mortar Variasi 7

Semen mortar variasi 7 adalah direndam 30% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 7.

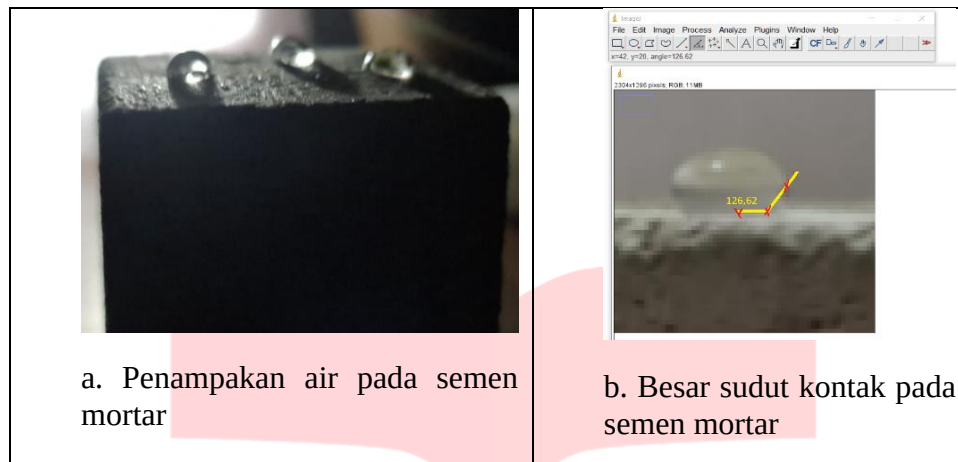


Gambar 8. Semen mortar direndam 30% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Sudut kotak rata-rata adalah 91,25 derajat,

Gambar 8 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 30% Ca(OH)_2 dan tidak dilapisi larutan campuran. Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 91,25 derajat.

h. Semen Mortar Variasi 8

Semen mortar variasi 8 adalah direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 9.

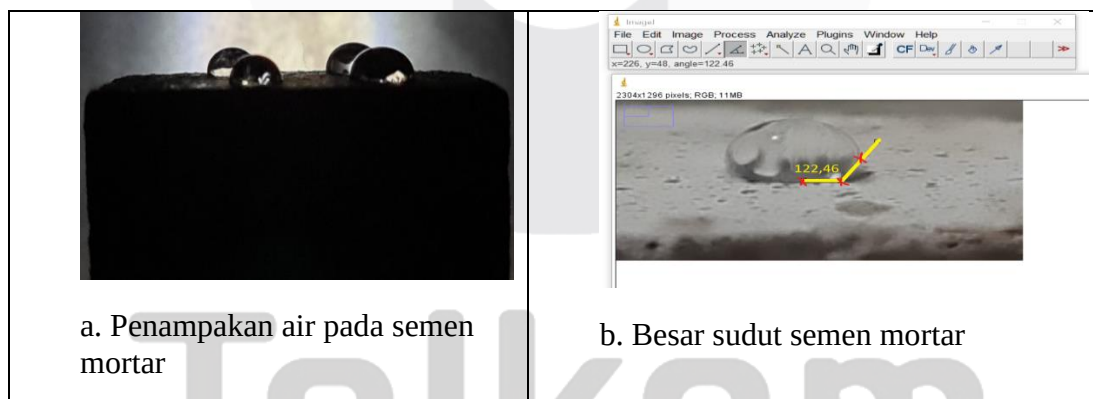


Gambar 9. semen mortar direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 126,57 derajat.

Gambar 9 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 126,57 derajat.

i. Semen Mortar Variasi 9

Semen mortar variasi 9 adalah direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 10.

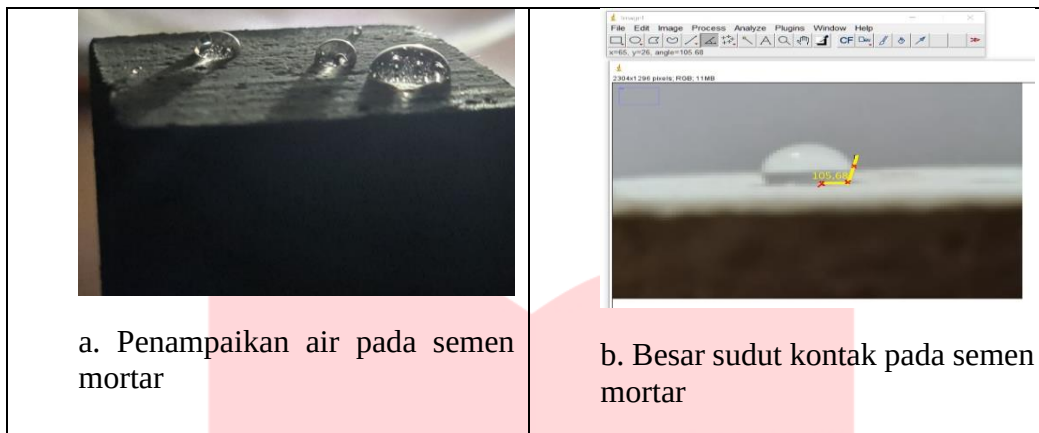


Gambar 10. Semen mortar direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). sudut kotak rata-rata adalah 122,63 derajat.

Gambar 10 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 122,63 derajat.

j. Semen Mortar Variasi 10

Semen mortar variasi 10 adalah direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 11.

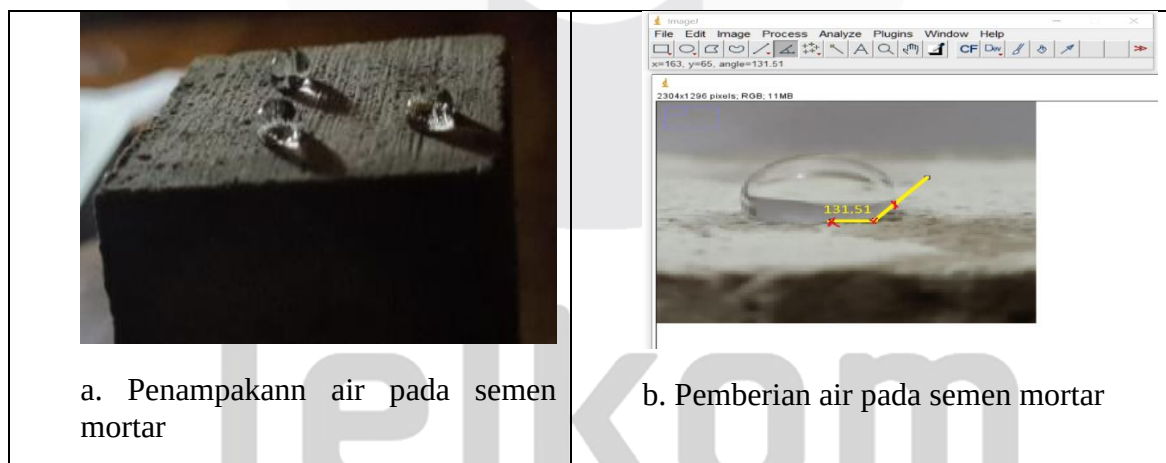


Gambar 11. Semen mortar direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 104,63 derajat.

Gambar 11 memperlihatkan semen mortar direndam 10% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 104,63 derajat.

k. Semen Mortar Variasi 11

Semen mortar variasi 11 adalah dengan direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Penampakan semen mortal dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. semen mortar dengan direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). sudut kotak rata-rata adalah 131,22 derajat.

Gambar 12 memperlihatkan penampakan semen mortar dengan direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 131,22 derajat.

l. Semen Mortar Variasi 12

Semen mortar variasi 12 adalah direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Penampakan semen mortal dapat dilihat pada Gambar 13.

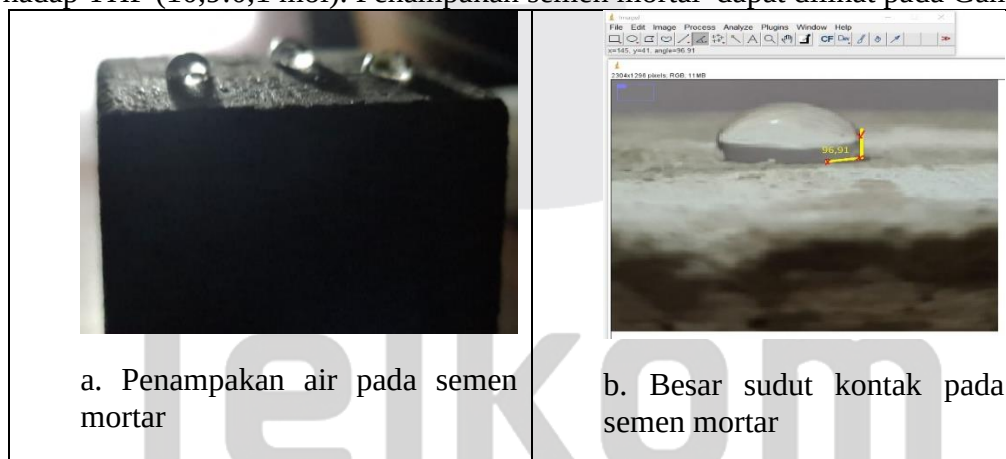


Gambar 13. Semen mortar semen mortar direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). sudut kotak rata-rata adalah 100,54 derajat.

Gambar 13 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 100,54 derajat.

m. Semen Mortar Variasi 13

Semen mortar variasi 13 adalah direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Penampakan semen mortal dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Semen mortar direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 101,89 derajat.

Gambar 14 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 20% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 101,89 derajat.

n. Semen Mortar Variasi 14

Semen mortar variasi 14 adalah direndam 30% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 15.

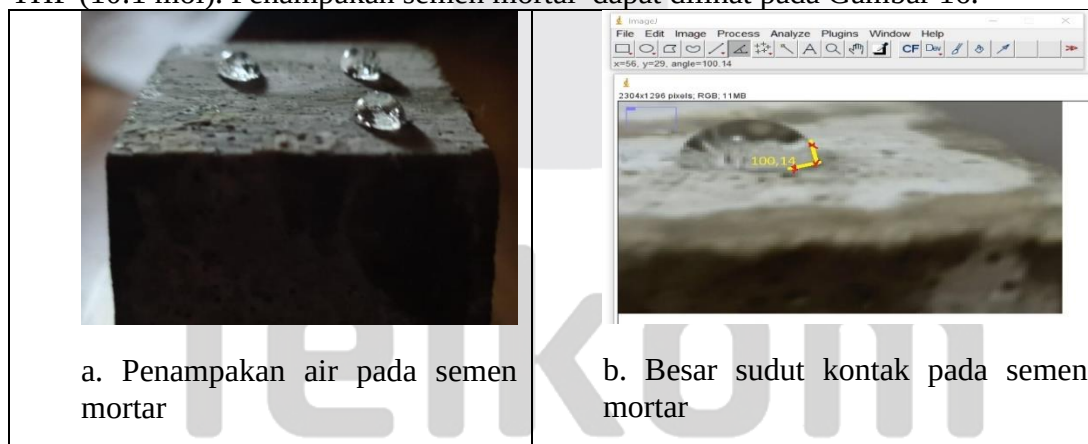


Gambar 15. Semen mortar direndam 30% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). sudut kotak rata-rata adalah 100,37 derajat.

Gambar 15 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 30% dan dilapisi larutan campuran poliuretan terhadap THF (6:5 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 100,37 derajat.

o. Semen Mortar Variasi 15

Semen mortar variasi 15 adalah direndam 30% dan larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 16.

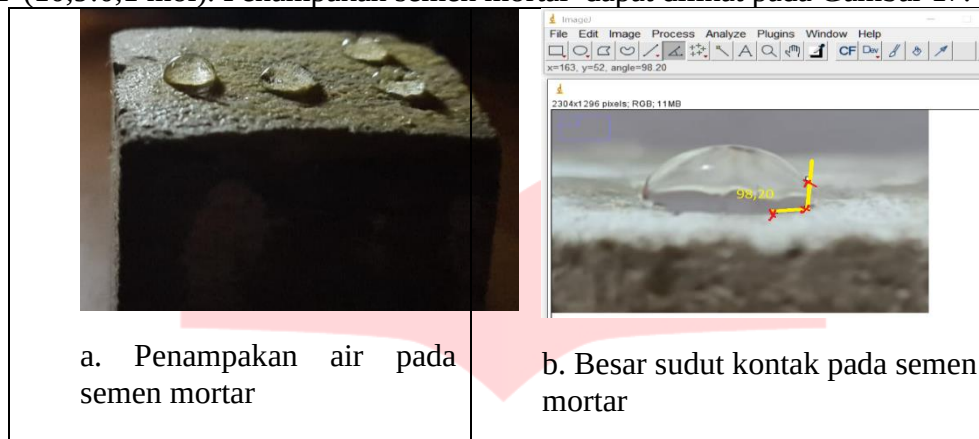


Gambar 16. Semen mortar direndam 30% dan larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). sudut kotak rata-rata adalah 100,42 derajat.

Gambar 16 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 30% dan larutan campuran poliuretan terhadap THF (10:1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 100,42 derajat.

p. Semen Mortar Variasi 16

Semen mortar variasi 16 adalah direndam 30% dan larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Penampakan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. semen mortar direndam 30% dan larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 98,62 derajat.

Gambar 17 memperlihatkan penampakan semen mortar direndam 30% dan larutan campuran poliuretan terhadap THF (10,9:0,1 mol). Pada Gambar terlihat ketika ditetaskan fluida, pada permukaan semen mortar tersebut juga terlihat gumpalan-gumpalan air yang membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Kemudian ketika dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kotak rata-rata adalah 98,62 derajat.

2. Kuat tekan

Hasil uji kuat tekan semen mortar menggunakan *Vickers hardness* untuk berbagai macam variasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kuat tekan semen mortar menggunakan Vickers hardness untuk berbagai macam variasi

Variasi	Nama	Berat	Kuat Tekan	Sni
1	Tidak direndam dan tidak dilapisi larutan campuran (kontrol)	226,4	193,7	118
2	Tidak direndam dan dilapisi larutan campuran	258,8	172	118
3	Direndam 10% dan tidak dilapisi larutan campuran	228,1	139,4	118
4	Direndam 10% dan dilapisi larutan campuran	242,8	147	118
5	Direndam 20% dan dilapisi larutan campuran	237	130,3	118
6	Direndam 30% dan dilapisi larutan campuran	227,1	148,8	118

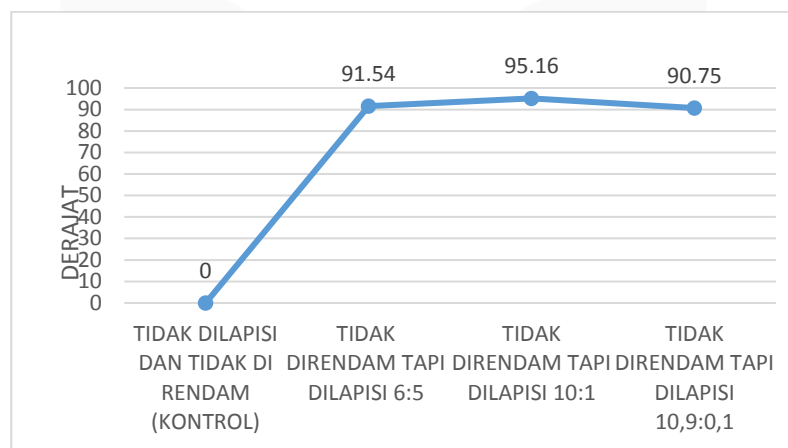
PEMBAHASAN

1. Sudut Kontak Semen Mortar Kontrol

Besarnya sudut kontak dari semen mortar tanpa direndam dan dilapisi larutan hidrofobik adalah 0 derajat. Artinya semen mortar tersebut bersifat sangat menyerap air atau super hidrofilik. Ini dikarenakan pada semen mortar belum memenuhi syarat untuk terjadi struktur hidrofobik. Syarat suatu material dapat bersifat hidrofobik adalah berasal dari struktur permukaannya yang terdapat tonjolan-tonjolan berukuran mikrometer atau nanometer dan dibantu dengan lapisan minyak di permukaannya seperti halnya di daun lotus. Oleh karena itu semen mortar yang tanpa dilapisi dan direndam dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, struktur permukaan masih datar belum terbentuk partikel-partikel kecil di permukaannya.

2. Pengaruh Konsentrasi Larutan Campuran tanpa Perendaman $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Pengaruh konsentrasi lapisan hidrofobik tanpa perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ditunjukkan pada Gambar 18.

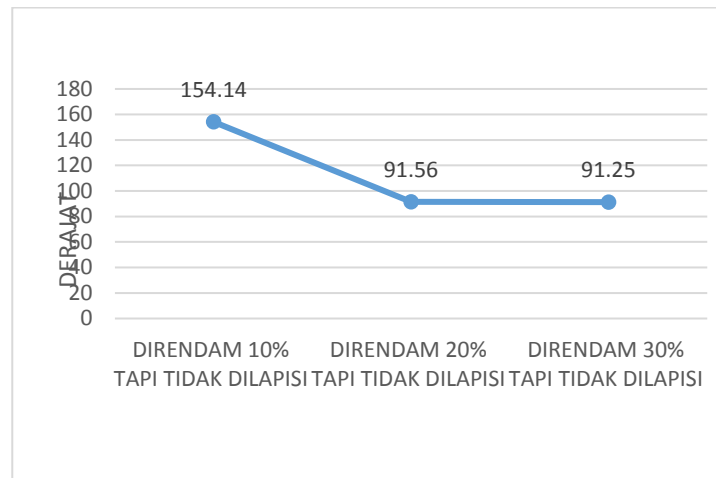


Gambar 18. Pengaruh konsentrasi lapisan hidrofobik tanpa perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Gambar 18 menunjukkan pemberian lapisan THF: Poliuretan menyebabkan sudut besarnya sudut kontak naik dibandingkan dengan sampel kontrol. Hal ini disebabkan ketika dilapisi dengan lapisan minyak poliuretan dengan berbagai variasi, menyebabkan permukaan dari semen mortar dapat membantu untuk menolak air namun belum bersifat hidrofobik, yang ditandai dengan besar sudut kontak yang masih di bawah 90 derajat. Hasil ini menyimpulkan bahwa larutan THF dengan poliuretan dapat bertindak sebagai agen hidrophobik.

3. Pengaruh Konsentrasi Perendaman $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap Besar Sudut Kontak

Pengaruh konsentrasi perendaman $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap Besar Sudut Kontak dapat dilihat pada Gambar 19.

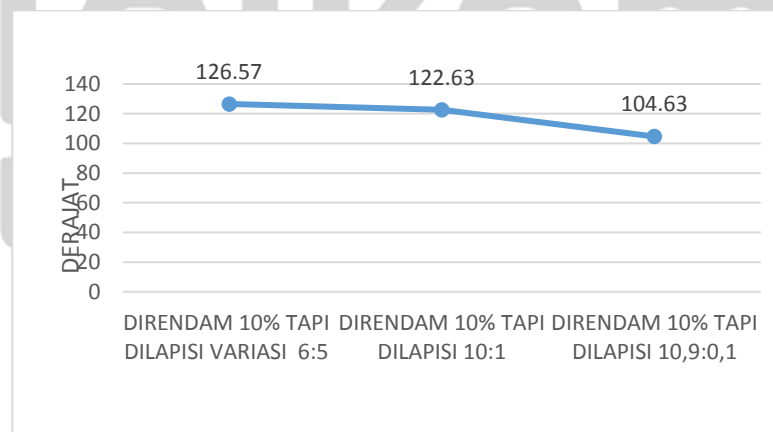


Gambar 19. Pengaruh konsentrasi perendaman $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap Besar Sudut Kont

Gambar 19 menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ maka makin kecil sudut kontak semen mortar yang dihasilkan. Sudut kontak yang terbesar terjadi pada konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 %. Besar sudut kontak optimum adalah 154,12 derajat dan masuk ke sifat superhidrofobik. Hal ini dapat dijelaskan bahwa perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama seminggu kemudian dilakukan pembakaran dengan suhu 60°C terjadi proses karbonisasi yang menyebabkan pada struktur terbentuk partikel-partikel halus yang menyebar pada seluruh area dari semen mortar. Ketika fluida atau air jatuh pada permukaan semen tersebut sifat kohesi air tersebut lebih tinggi dari adhesi. Sifat kohesi adalah ikatan antar molekul air lebih tinggi dari molekul-molekul yang tidak sejenis. Di sisi lain makin tinggi konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ maka makin kecil sudut kontak karena partikel-partikel halus yang terbentuk makin banyak dan menutupi permukaan dari semen dan menyebabkan permukaan menjadi rata sehingga mengurangi sifat hidrofobiknya.

4. Pengaruh Konsentrasi Larutan Hidrofobik dengan Perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 % terhadap Besar Sudut Kontak

Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 % terhadap besar sudut kontak dapat dilihat pada Gambar 20.

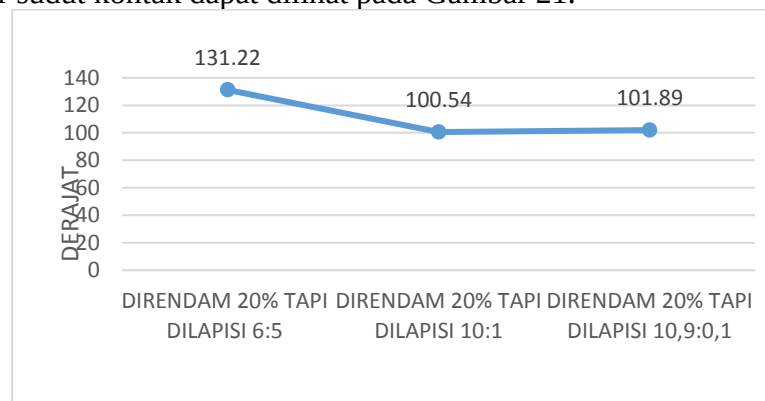


Gambar 20. Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 % terhadap besar sudut kontak

Gambar 20 menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi Poliuteran maka makin kecil sudut kontak semen mortar yang dihasilkan. Sudut kontak yang terbesar terjadi pada konsentrasi variasi L1.1. Besar sudut kontak optimum adalah 126 derajat dan masuk ke sifat hidrofobik. Hal ini dapat dijelaskan bahwa perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 % selama seminggu kemudian dilakukan pembakaran dengan suhu 60°C terjadi proses karbonisasi yang menyebabkan pada struktur terbentuk partikel-partikel halus yang menyebar pada seluruh area dari semen mortar. Kemudian ketika digunakan pelapis hidrofobik menyebabkan permukaan partikel halus tadi menjadi tertutupi dan mengurangi sifat hidrofobiknya. Makin tinggi konsentrasi poliuterannya makin tebal permukaan semen mortar tertutupi.

5. Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20 % terhadap besar sudut kontak

Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20 % terhadap besar sudut kontak dapat dilihat pada Gambar 21.

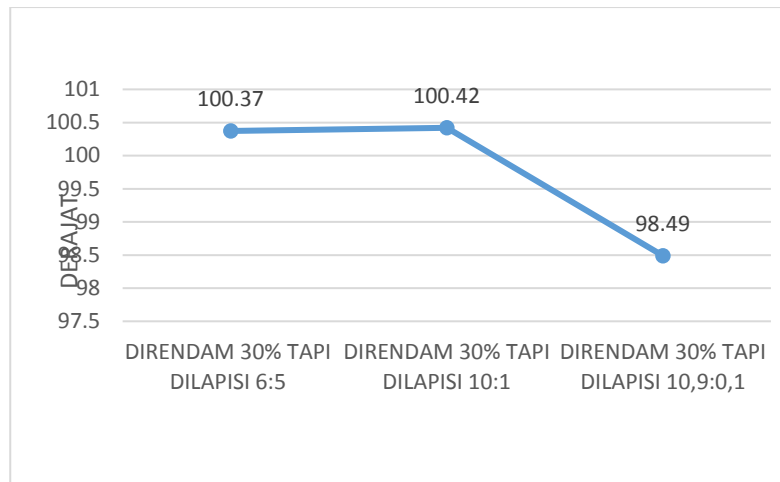


Gambar 21 Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20 % terhadap besar sudut kontak

Gambar 21 menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi Poliuteran maka makin kecil sudut kontak semen mortar yang dihasilkan. Sama dengan temuan sebelumnya. Sudut kontak yang terbesar terjadi pada konsentrasi variasi L2.1 yaitu dengan perendaman $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20 %. Besar sudut kontak optimum adalah 131 derajat dan masuk ke sifat hidrofobik. Hal ini dapat dijelaskan bahwa perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 % selama seminggu kemudian dilakukan pembakaran dengan suhu 60°C terjadi proses karbonisasi yang menyebabkan pada struktur terbentuk partikel-partikel halus yang menyebar pada seluruh area dari semen mortar. . Kemudian ketika digunakan pelapis hidrofobik menyebabkan permukaan partikel halus tadi menjadi tertutupi dan mengurangi sifat hidrofobiknya. Makin tinggi konsentrasi poliuterannya makin tebal permukaan semen mortar tertutupi.

6. Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20 % terhadap besar sudut kontak

Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 30 % terhadap besar sudut kontak dapat dilihat pada Gambar 22.

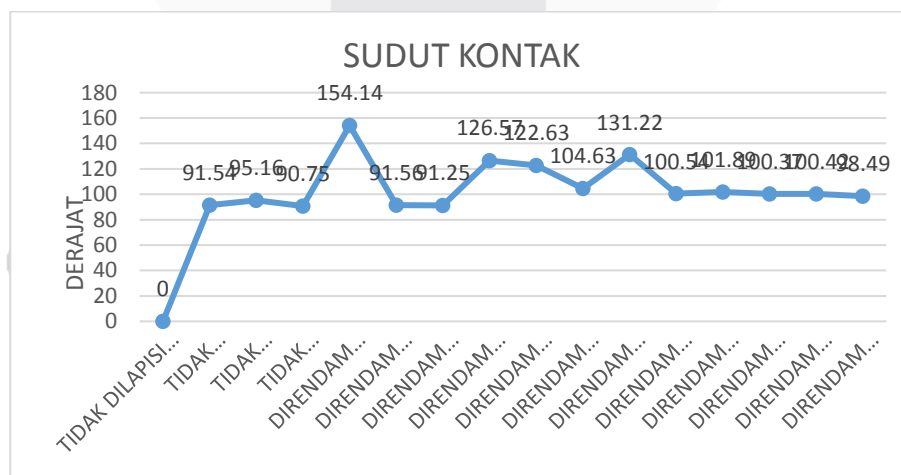


Gambar 22 Pengaruh konsentrasi larutan hidrofobik dengan perendaman dengan Ca(OH)_2 30 % terhadap besar sudut kontak

Gambar 22 menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi Poliuteran maka makin kecil sudut kontak semen mortar yang dihasilkan. Sudut kontak yang terbesar terjadi pada konsentrasi variasi L3.1. Besar sudut kontak optimum adalah 100 derajat. Hal ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa sudut kontak berkurang pada konsentrasi Ca(OH)_2 30 %. Kemudian ketika digunakan pelapis hidrofobik menyebabkan permukaan partikel halus tadi menjadi tertutupi dan mengurangi sifat hidrofobiknya. Makin tinggi konsentrasi poliuterannya makin tebal permukaan semen mortar tertutupi.

7. Perbandingan Besar Sudut Kontak dengan Berbagai Variasi

Perbandingan besar sudut Kontak dengan berbagai variasi dapat dilihat pada Gambar 23.

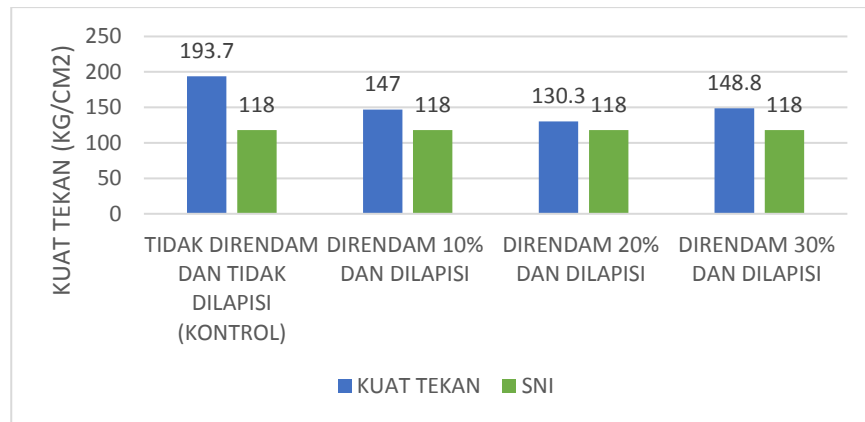


Gambar 23. Perbandingan besar sudut kontak dengan berbagai variasi

Gambar 23 menunjukkan bahwa sudut kontak optimum diperoleh sebesar 154,12 derajat. Kondisi optimum bersifat hidrofobik terjadi pada kondisi d mortar dilakukan perendaman 10 % dan tanpa dilapisi dengan larutan hidrofobik. Penggunaan pelapis hidrofobik menyebabkan permukaan partikel halus tadi menjadi tertutupi dan mengurangi sifat hidrofobiknya. Makin tinggi konsentrasi poliuterannya makin tebal permukaan semen mortar tertutupi.

8. Perbandingan Variasi Kosentrasi Perendaman Ca(OH)_2 dan Variasi Larutan Campuran terhadap Nilai kekerasan Semen Mortar

Perbandingan variasi kosentrasi perendaman Ca(OH)_2 dan variasi larutan campuran terhadap nilai kekerasan semen mortar dapat dilihat pada Gambar 24.

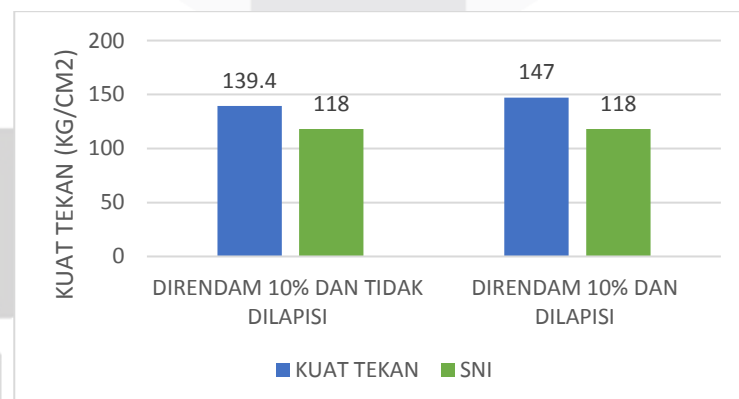


Gambar 24. Perbandingan variasi kosentrasi perendaman Ca(OH)_2 dan variasi larutan campuran terhadap nilai kekerasan semen mortar

Gambar 24 memperlihatkan bahwa perendaman dan pelapisan dengan agen hidrofobik menyebabkan nilai kekerasan dari semen mortar menjadi berkurang dari nilai rujukan dari SNI. Hal ini disebabkan perendaman dengan Ca(OH)_2 menyebabkan pembentukan pori-pori atau partikel halus akibat karbonisasi menyebabkan mengurangi kekerasan dari semen mortar.

9. Perbandingan Mortar Direndam namun Tidak Dilapisi Larutan Campuran

Perbandingan mortar yang direndam tapi tidak dilapisi dengan mortar yang direndam dilapisi poliuretan dapat dilihat pada Gambar 25.



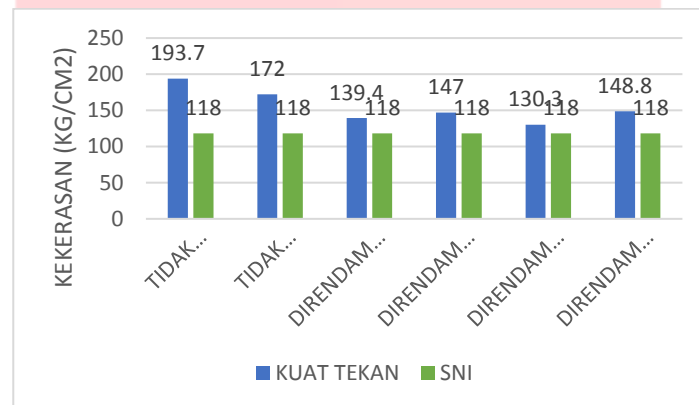
Gambar 25. Perbandingan mortar yang direndam tapi tidak dilapisi dengan mortar yang direndam dilapisi poliuretan

Gambar 25 memperlihatkan nilai kekerasan semen mortar perendaman Ca(OH)_2 10 % dengan yang dilapisi lebih besar dari pada yang tidak dilapisi. Hal ini dikarenakan sifat-sifat kapur berpotensi meningkatkan kinerja kuat tekan mortar, dapat mengeras dengan cepat setelah tercampur dengan air, serta menghasilkan rekatan yang kuat. Selain itu,

bahan tersebut merupakan bahan perekat hidrolis, yaitu suatu bahan yang bila dicampur dengan air, maka akan membentuk pasta kemudian mengeras dan setelah mengeras tidak dapat larut kembali dalam air. Kemudian jika dilakukan karbonisasi pada temperature yang tepat akan menghasilkan produk tahan air.

10. Perbandingan Nilai Kekerasan Semen Mortar dari Berbagai Variasi

Perbandingan nilai Kekerasan Semen Mortar dari berbagai variasi dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Perbandingan nilai Kekerasan Semen mortar dari berbagai variasi

Gambar 26 memperlihatkan bahwa perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan pelapisan dengan larutan hidrofobik dapat mengurangi nilai kekerasan dari semen mortar. Hal ini disebabkan karena Hal ini disebabkan perendaman dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menyebabkan pembentukan pori2 atau partikel halus akibat karbonisasi menyebabkan mengurangi kekerasan dari semen mortar.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Berhasil disintesis semen mortar bersifat superhidrofobik dengan sudut kontak 152 derajat.
2. Dari hasil penelitian diperoleh sudut kontak 154,14 derajat pada kondisi semen mortar direndam dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10% lalu dipanaskan pada temperatur 60°C dan dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari selama 2 jam.
3. Adanya penurunan terhadap nilai sudut kontak dari penambahan kosentarsi poliurethan terhadap THF.
4. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimum semen mortar kekerasannya adalah 139,4 kg/cm².

REFERENSI

- [1] S. B. Atla *et al.*, "Hydrophobic calcium carbonate for cement surface," *Crystals*, vol. 7, no. 12, pp. 1–9, 2017, doi: 10.3390/cryst7120371.
- [2] R. di Mundo, A. Petrella, and M. Notarnicola, "Surface and bulk hydrophobic cement composites by tyre rubber addition," *Construction and Building Materials*, vol. 172, pp. 176–184, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.233.
- [3] E. Jumate, D. L. Manea, D. Moldovan, and R. Fechete, "The Effects of Hydrophobic Redispersible Powder Polymer in Portland Cement Based Mortars," *Procedia Engineering*, vol. 181, pp. 316–323, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.395.
- [4] A. Sismantoro, "Karakterisasi Bahan Akustik Poliuretan Berpenguat Partikel Cangkang Kelapa Sawit," 2017, 1–120.
- [5] JG.K. S, Gwon, "Perkembangan Morfologi Sel Dalam Pembuatan Busa Urea Poliuretan Fleksibel Sebagai Bahan Penyerap Suara," *Jurnal Bahan Berpori*, 2016, 1-9.
- [6] Irawati & Zainuri Pengaruh Temperatur perlakuan Panas Pada Lapisan Hydrophobic Komposit PDMS/SiO₂ dengan Fasa Silika Kristobalit. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2016, 5(1), 1–5.
- [7] F. Wang, Lei, S., Ou, J., & Li, W, "Effect of PDMS on the waterproofing performance and corrosion resistance of cement mortar," *Applied Surface Science*, 507(May 2019), 2020, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.145016>.
- [8] S. Wedhanto, "Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di kota malang," *Jurnal Bangunan*, 2017, 22(2), 21–30.
- [9] A Sriwahyuni, N. R, "Analisis Pengaruh Waktu Perendaman Larutan Kapur Jenuh Terhadap Sifat Fisis Mortar Ekosemen," *Journal physics*, 2012.
- [10] D. Barnat-Hunek, S. Duda, M. Garbacz, & G. Łagód, "Hydrophobisation of mortars containing waste polyurethane foam. MATEC Web of Conferences, , 2018, 163, 9–11. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816304006>.
- [11] S. W. Muzenski, I. Flores-Vivian, and K. Sobolev, "The development of hydrophobic and superhydrophobic cementitious composites," *Proceedings of the 4th International Conference on the Durability of Concrete Structures, ICDCS 2014*, no. July, 2014, doi: 10.5703/1288284315484.
- [12] Z. Song, Z. Lu, and Z. Lai, "Influence of Hydrophobic Coating on Freeze-Thaw Cycle Resistance of Cement Mortar," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2019, no. 1, 2019, doi: 10.1155/2019/8979864.