

Fabrikasi Dan Karakterisasi Mortar Semen Yang Dilapisi Lapisan TiO_2 Bersifat *Self-Cleaning*

1st Irvan Taufiq Widiensyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
irvanitw@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Mamat Rokhmat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mamatrokhmat@telkomuniversity.
ac.id

3rd Edy Wibowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
edywibowo@telkomuniversity.ac.i
d

Abstrak — Perkembangan industri menyebabkan jumlah polutan meningkat dan berdampak buruk bagi lingkungan terutama pada bangunan-bangunan di sekitar. Oleh karena itu dibutuhkan membuat mortar semen yang anti kotoran atau yang bersifat *self-cleaning* untuk melindungi mortar dari debu, kotoran, dan serapan air yang dapat merusak. Salah satu upaya tersebut ialah dengan memanfaatkan efek fotokatalis smart material berbasis titanium dioksida (TiO_2). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik lapisan TiO_2 terhadap pengaruh kondisi lingkungan, pengaruh pada sudut kontak yang terbentuk pada *self-cleaning*, pengaruh fotokatalis pada *self-cleaning*, serta mengetahui pengaruh komposisi TiO_2 yang ideal. Komposisi lapisan TiO_2 dibuat bervariasi, yaitu 2 gram, 4 gram, dan 6 gram, dan variasi tambahan dengan mencampurkan 1 gram PEG 4000 dari setiap komposisi TiO_2 tersebut. Dan komposisi TiO_2 dicampurkan langsung pada mortar semen, yaitu 50 gram, 100 gram, dan 150 gram. Pengujian *self-cleaning* menggunakan jenis pengotor Methylene Blue. Hasil terbaik kondisi permukaan mortar semen akibat proses fotokatalis bersifat *self-cleaning* didapatkan pada sampel dengan lapisan TiO_2 komposisi 6 gram pada penjemuran di bawah matahari dengan persentase rata-rata tingkat kepekatan warna zat pengotor sebesar 35,12%. Sedangkan hasil pengujian sudut kontak pada permukaan mortar semen bersifat hidrofilik, dengan sudut kontak $19,5^\circ$ pada mortar semen yang dicampurkan langsung TiO_2 dengan komposisi 150 gram.

Kata Kunci - Fotokatalis, *self-cleaning*, mortar semen, sudut kontak, TiO_2 .

I. PENDAHULUAN

Mortar semen menjadi bahan bangunan yang penting dalam setiap proses pembuatan konstruksi saat ini, karena material ini adalah salah satu elemen penting dalam pengerjaan bangunan. Mortar semen banyak digunakan untuk keperluan membangun ataupun merenovasi dan juga digunakan sebagai bahan dinding, struktural untuk rumah, gedung-gedung bertingkat, jembatan, dll. Mortar semen merupakan campuran material yang terdiri dari

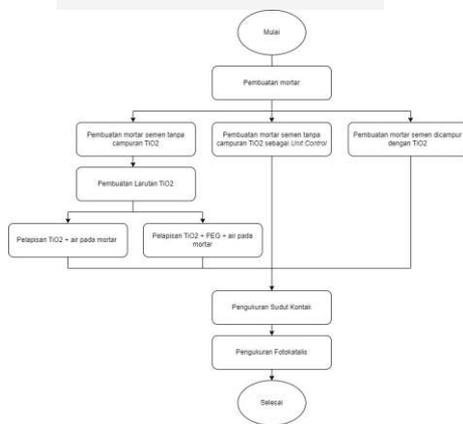
semen, agregat halus (pasir), serta air dengan komposisi tertentu. Namun penggunaan mortar semen sangat rentan terhadap pengaruh kondisi lingkungan. Banyak bangunan dari mortar semen terkorosi oleh larutan garam dan mudah retak karena air yang menembus mortar semen, dan hal tersebut berkontribusi pada degradasi mortar semen. Perkembangan industri menyebabkan jumlah polutan meningkat dan berdampak buruk bagi lingkungan, terutama pada bangunan-bangunan di lingkungan sekitar. Dengan demikian, perlu adanya teknologi *self cleaning* untuk melindungi mortar semen dari debu, kotoran, dan serapan air yang dapat merusak. Salah satu upaya tersebut ialah dengan menggunakan smart material berbasis titanium dioksida (TiO_2).

Self cleaning merupakan suatu metode yang memanfaatkan efek fotokatalitik yang dihasilkan dari senyawa kimia tertentu sehingga mampu membersihkan substrat dari kontaminan. Kombinasi dari suatu proses fotokimia dan juga katalitik atau katalis yang didefinisikan menjadi suatu substansi yang dapat mengubah laju reaksi kimia tanpa adanya mengubah besar energi yang menyertai reaksi tersebut disebut fotokatalitik. Dalam hal ini untuk melangsungkan (mempercepat) transformasi kimia diperlukan cahaya dan katalis, atau pada proses ini juga sering disebut sebagai fotokatalis yang memiliki kemampuan menyerap foton. Sementara itu titanium dioksida (TiO_2) merupakan material yang sudah diaplikasikan secara luas dalam berbagai aspek. Pada beberapa tahun terakhir ini, TiO_2 sudah digunakan sebagai material anti bakteri, degradasi metilen biru, dekomposisi air, dan banyak lagi aplikasi lainnya. TiO_2 juga memiliki keunggulan seperti memiliki aktivitas fotokatalis yang baik, sifat optik yang baik, superhidrofilik, ramah lingkungan serta stabilitas mekanik tinggi[1]. TiO_2 hadir sebagai material paling dibutuhkan dalam beberapa tahun terakhir sebagai photocatalyst untuk berbagai potensi seperti pemurnian bahan alam, sterilisasi, *self-cleaning* dll.

Untuk ketahanan mortar semen sendiri akan memiliki keterlibatan masalah tersendiri dalam hal biaya perawatan dan penggantian suatu struktur. Dalam mendesain struktur, karakteristik ketahanan mortar semen harus dievaluasi secara cermat mungkin untuk sifat mekanik, dan kekerasan. Kemudian, diperlukan usaha memperhatikan permeabilitas dari semen. Parameter penentu dan memiliki pengaruh terbesar terhadap keawetan mortar semen disebut Permeabilitas. Alat yang digunakan, bahan dasar, bahan tambahan, dan proses pembuatan juga menentukan kualitas dan mutu mortar. Bahan penyusun mortar meliputi semen portland, pasir, air, dan bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda[2]. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat dan mengetahui karakteristik mortar semen dengan menggunakan campuran titanium dioksida (TiO₂). Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan mortar semen yang memiliki kemampuan membersihkan diri (*self cleaning*) yang baik.

II. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen. Penelitian ini membahas pengaruh efektifitas lapisan TiO₂ sebagai *self-cleaning* dengan tolak ukur sudut kontak dan efek fotokatalis yang didapat pada penelitian ini terhadap mortar semen. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut:



GAMBAR 2.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan dua pengujian yaitu pengujian sudut kontak yang bertujuan mengetahui sifat *self-cleaning* dari pengukuran sudut kontak pada permukaan mortar semen dan pengujian fotokatalis yang bertujuan mengetahui pengaruh komposisi titanium dioksida (TiO₂) terhadap sifat fotokatalis untuk proses *self-cleaning* pada permukaan mortar semen. Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan seperti:

A. Fabrikasi Mortar Semen

Pada tahap ini dilakukan pembuatan mortar semen dengan komposisi semen, pasir, dan air membentuk kubus dengan ukuran 5x5x5cm menggunakan cetakan mortar dan pembuatan mortar terdiri dari beberapa variasi, yaitu:

TABEL 2.1 Variasi mortar untuk pengujian

| Variasi Mortar | Semen (g) | Pasir (g) | TiO ₂ (g) |
|--|-----------|-----------|----------------------|
| Unit Control/ Biasa (Tanpa Campuran TiO ₂) | 200 g | 425 g | - |
| Variasi 1 | 200 g | 425 g | 50 g |
| Variasi 2 | 200 g | 425 g | 100 g |
| Variasi 3 | 200 g | 425 g | 150 g |

B. Tahap Pembuatan Larutan TiO₂

Pembuatan larutan TiO₂ menggunakan campuran TiO₂ yang bervariasi yaitu 2 gram, 4 gram, dan 6 gram, PEG 1 gram, dan *aquades* 10 ml. Setelah larutan tercampur, aduk larutan sambil dipanaskan menggunakan kompor listrik selama 2 menit.

C. Tahap Pelapisan Mortar Semen Dengan Larutan TiO₂

Larutan yang sudah teraduk rata dilapiskan pada permukaan substrat kaca dengan teknik *spray* menggunakan kompresor dan *spray gun*. Setelah lapisan rata pada permukaan mortar, lakukan pengeringan pada suhu ruang. Mortar yang digunakan dalam pelapisan larutan TiO₂ adalah variasi mortar semen biasa (tanpa campuran TiO₂) seperti yang ada pada Tabel 2.1. Setelah itu mortar semen biasa tersebut akan dilapisi dengan berbagai komposisi dari lapisan TiO₂ yang dapat dilihat seperti Tabel 2.2.

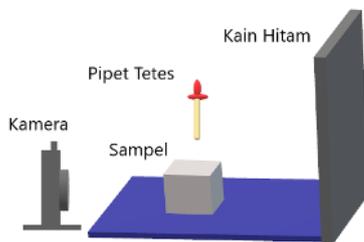
TABEL 2.2

Variasi sampel lapisan TiO₂ menggunakan mortar biasa dari tabel 2.1 sebagai acuan

| Sampel | Lapisan TiO ₂ | | |
|--------|--------------------------|-----|----------|
| | TiO ₂ | PEG | Air (ml) |
| A | 2 g | - | 10 ml |
| B | 2 g | 1 g | |
| C | 4 g | - | |
| D | 4 g | 1 g | |
| E | 6 g | - | |
| F | 6 g | 1 g | |

D. Tahap Pengukuran Sudut Kontak

Sampel dengan lapisan terbaik dalam menghilangkan pengotor saat proses fotokatalis akan digunakan untuk pengukuran sudut kontak yang bertujuan untuk mengetahui sudut kontak yang didapat hidrofilik atau hidrofobik. Permukaan mortar TiO_2 akan ditetaskan dengan air menggunakan pipet tetes kemudian diukur sudut kontakannya. Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan pengambilan gambar tampak samping menggunakan kamera yang sejajar dengan sampel. Kemudian gambar dipindahkan ke aplikasi *software Image J* agar dapat diukur sudut kontakannya dengan menarik garis yang membentuk sudut antara permukaan air dengan permukaan mortar sehingga membentuk sudut. Rangkaian ilustrasi pada saat pengambilan gambar untuk sudut kontak dapat dilihat seperti gambar 2.1.



GAMBAR 2. 2

Rangkaian alat saat pengambilan gambar sudut kontak

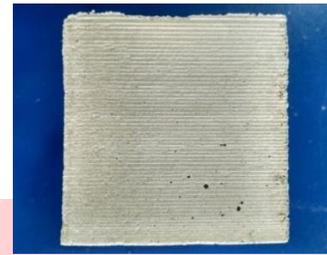
E. Tahap Pengujian Sifat Fotokatalis

Tahap pengujian sifat fotokatalis diawali dengan melakukan pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan Luxmeter, setelah itu permukaan sampel mortar yang sudah disiapkan akan ditetaskan dengan larutan Methylene Blue dan jemur di bawah sinar matahari dengan variasi komposisi Methylene Blue dan aquades; 1.5 ml: 10 ml ; 5 ml: 10 ml, kemudian setiap 5 menit dilakukan pengambilan gambar selama 1 jam. Penentuan hasil dengan melakukan perbandingan foto setiap 5 menit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

Penelitian ini terdiri dari mortar semen yang dibuat menggunakan komposisi semen, pasir, dan beberapa variasi campuran TiO_2 dengan ukuran $5 \times 5 \times 5$ cm. Permukaan mortar semen yang akan dilakukan pengujian memiliki morfologi yang bergelombang atau tidak rata seperti pada Gambar 3.1, hal ini dikarenakan bentuk dari sisi samping atau dinding bagian dalam cetakan mortar yang tidak rata atau bergerigi.



GAMBAR 3. 1

Bentuk permukaan mortar yang digunakan

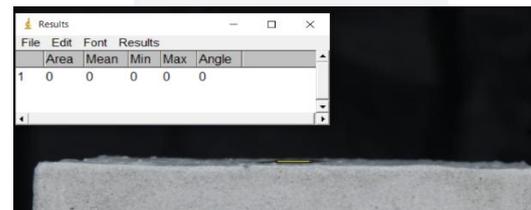
B. Pengujian Data

Pengujian pada penelitian ini terdiri dari sampel mortar semen yang sudah dicetak serta sampel mortar yang sudah dilapisi lapisan TiO_2 .

1. Pengujian Sudut Kontak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat *self-cleaning* pada lapisan TiO_2 dari pengukuran sudut kontak, maka ditampilkan hasil pengukuran besar sudut kontak pada gambar yang diambil oleh kamera beresolusi tinggi (*Canon*) menggunakan *software Image-J*.

a. Mortar Semen Biasa/ Unit Control



GAMBAR 3. 2

Mortar Semen Biasa/ Unit Control

Gambar 3.2 memperlihatkan keadaan permukaan mortar semen biasa/ unit control yang telah ditetaskan air. Terlihat mortar semen langsung menyerap air tersebut dan tidak meninggalkan bentuk butiran air di atas permukaannya. Saat dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kontak sebesar 0 derajat.

b. Mortar Semen dengan Lapisan TiO_2 tanpa PEG



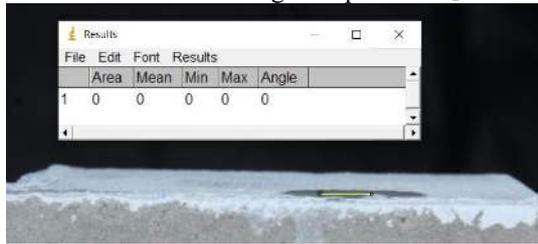
GAMBAR 3. 3

Mortar semen dengan lapisan TiO_2 tanpa PEG

Gambar 3.3 memperlihatkan keadaan permukaan mortar semen dengan lapisan TiO_2 tanpa PEG yang telah ditetaskan air. Terlihat mortar semen langsung menyerap air tersebut dan tidak meninggalkan bentuk butiran air di atas permukaannya. Saat dilakukan pengukuran sudut

kontak diperoleh sudut kontak sebesar 0 derajat seperti yang terlihat pada gambar 3.3.

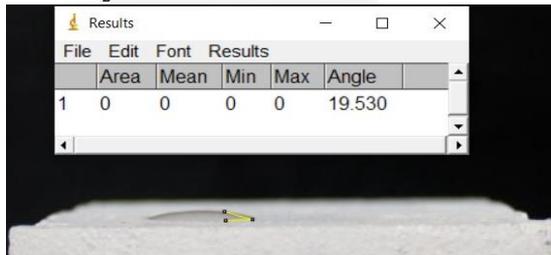
c. Mortar Semen dengan Lapisan TiO₂ + PEG



GAMBAR 3. 4
Mortar semen dengan lapisan TiO₂ + PEG

Gambar 3.4 memperlihatkan keadaan permukaan mortar semen dengan lapisan TiO₂ + PEG yang telah ditetaskan air. Terlihat mortar semen langsung menyerap air tersebut dan tidak meninggalkan bentuk butiran air di atas permukaannya. Saat dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kontak sebesar 0 derajat seperti yang terlihat pada gambar 3.4.

d. Mortar Semen Dicampur Langsung dengan TiO₂



GAMBAR 3. 5
Mortar semen yang dicampur langsung dengan TiO₂

Gambar 3.5 memperlihatkan keadaan permukaan mortar semen dicampur langsung dengan TiO₂ yang telah ditetaskan air. Terlihat mortar semen sedikit memiliki sudut kontak dari butiran air di atas permukaan. Saat dilakukan pengukuran sudut kontak diperoleh sudut kontak sebesar 19,5 derajat.

2. Pengujian Fotokatalis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi titanium dioksida (TiO₂) terhadap sifat fotokatalis untuk proses *self-cleaning* pada permukaan mortar semen. Proses fotokatalis yang dilakukan dengan mengamati perubahan degradasi *Methylene Blue* sebagai zat pengotor pada mortar semen. Jenis *Methylene Blue* yang digunakan yaitu *Methylene Blue* cair yang kemudian dicampur dengan *aquades*. Pengujian fotokatalis ini menggunakan variasi sampel dari Tabel 2.1 dan Tabel 2.2

a. Pengujian menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* 1,5 ml

Pengujian fotokatalis menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* dengan komposisi 1,5 ml dilakukan selama satu jam dibawah sinar matahari

langsung yang di foto setiap lima menit untuk melihat degradasi perubahan warna objek penelitian. Data hasil pengukuran RGB dari setiap sampel selama pengukuran fotokatalis menggunakan variasi *Methylene Blue* 1,5 ml dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Sebagai acuan terdegradasinya zat pengotor di permukaan mortar dilakukan pengukuran persentase tingkat kepekatan warna zat pengotor dari setiap sampel berdasarkan data RGB yang diperoleh selama pengujian fotokatalis, dengan rumus persentase sebagai berikut:

$$\% \text{ Blue} = \frac{B}{R + G + B} \times 100 \tag{3.1}$$

Keterangan: R = Red/ Merah, G = Green/ Hijau, B = Blue/ Biru

TABEL 3. 1
Data RGB pada Sampel A, B, C, D, E, F, dan G menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* 1,5 ml

| | | Sampel A | | | | Sampel B | | | |
|----------------------|----|----------|----|-------|----------------------|----------|----|------|-------|
| Waktu (menit) | R | G | B | % | R | G | B | % | |
| 0 | 17 | 20 | 23 | 38,8 | 18 | 20 | 23 | 37,7 | |
| 5 | 20 | 21 | 23 | 35,7 | 21 | 22 | 24 | 35,4 | |
| 10 | 21 | 22 | 24 | 35,6 | 22 | 23 | 24 | 35,3 | |
| 15 | 22 | 23 | 24 | 34,4 | 22 | 23 | 24 | 34,7 | |
| 20 | 22 | 23 | 24 | 34,6 | 22 | 23 | 24 | 34,7 | |
| Persentase rata-rata | | | | 35,83 | Persentase rata-rata | | | | 35,54 |
| | | Sampel C | | | | Sampel D | | | |
| Waktu (menit) | R | G | B | % | R | G | B | % | |
| 0 | 19 | 21 | 24 | 37,3 | 19 | 21 | 24 | 37,7 | |
| 5 | 21 | 22 | 24 | 35,6 | 21 | 22 | 24 | 35,8 | |
| 10 | 22 | 22 | 23 | 34,1 | 22 | 23 | 24 | 34,9 | |
| 15 | 22 | 22 | 24 | 34,4 | 23 | 23 | 24 | 34,3 | |
| 20 | 22 | 22 | 24 | 34,4 | 23 | 23 | 24 | 34,3 | |
| Persentase rata-rata | | | | 35,47 | Persentase rata-rata | | | | 35,41 |
| | | Sampel E | | | | Sampel F | | | |
| Waktu (menit) | R | G | B | % | R | G | B | % | |

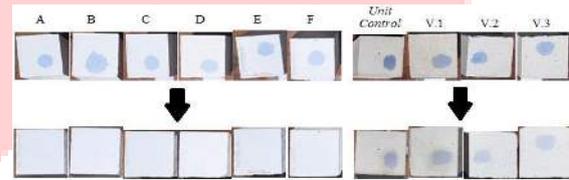
| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|-------|----|----|----|-------|
| 0 | 18 | 20 | 24 | 38,09 | 20 | 21 | 24 | 36,97 |
| 5 | 21 | 22 | 23 | 34,8 | 22 | 22 | 24 | 35,15 |
| 10 | 22 | 22 | 23 | 34,4 | 23 | 23 | 24 | 34,7 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|-------|----------------------|----|----|-------|
| 15 | 22 | 23 | 23 | 34,57 | 23 | 23 | 24 | 34,8 |
| 20 | 22 | 23 | 24 | 34,6 | 23 | 23 | 24 | 34,8 |
| Persentase rata-rata | | | | 35,34 | Persentase rata-rata | | | 35,17 |

TABEL 3. 2
Data RGB pada Sampel Mortar *Unit Control*, Mortar Variasi 1, Mortar Variasi 2, dan Mortar Variasi 3 menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* 1,5 ml

| Waktu (menit) | Sampel Mortar Biasa/ <i>Unit Control</i> | | | | Sampel Mortar Variasi 1 | | | |
|----------------------|---|----|----|-------|-------------------------|----|----|-------|
| | R | G | B | % | R | G | B | % |
| 0 | 11 | 13 | 17 | 40,09 | 15 | 15 | 19 | 39,43 |
| 5 | 12 | 13 | 17 | 39,62 | 15 | 15 | 19 | 38,55 |
| 10 | 12 | 13 | 17 | 39,54 | 15 | 16 | 19 | 38,17 |
| 15 | 12 | 14 | 17 | 39,45 | 16 | 16 | 19 | 37,71 |
| 20 | 13 | 14 | 17 | 38,80 | 16 | 16 | 20 | 37,66 |
| 25 | 14 | 14 | 17 | 37,96 | 16 | 16 | 19 | 37,66 |
| 30 | 14 | 14 | 17 | 37,55 | 16 | 17 | 20 | 37,51 |
| 35 | 14 | 14 | 17 | 37,63 | 16 | 17 | 20 | 37,43 |
| 40 | 14 | 14 | 17 | 37,55 | 16 | 17 | 20 | 37,47 |
| 45 | 14 | 14 | 17 | 37,39 | 17 | 17 | 20 | 37,31 |
| 50 | 14 | 14 | 17 | 37,31 | 16 | 17 | 20 | 37,26 |
| 55 | 14 | 15 | 17 | 37,36 | 16 | 17 | 20 | 37,22 |
| 60 | 14 | 15 | 17 | 37,36 | 17 | 17 | 20 | 37,22 |
| Persentase rata-rata | | | | 38,28 | Persentase rata-rata | | | 37,74 |
| Waktu (menit) | Sampel Mortar Variasi 2 | | | | Sampel Mortar Variasi 3 | | | |
| | R | G | B | % | R | G | B | % |
| 0 | 15 | 18 | 21 | 39,53 | 16 | 18 | 22 | 39,04 |
| 5 | 17 | 19 | 21 | 37,56 | 18 | 19 | 21 | 36,94 |
| 10 | 17 | 19 | 22 | 37,22 | 18 | 19 | 22 | 36,78 |
| 15 | 18 | 19 | 22 | 36,97 | 19 | 19 | 22 | 36,28 |
| 20 | 18 | 19 | 22 | 36,78 | 19 | 19 | 22 | 36,17 |
| 25 | 18 | 19 | 22 | 36,89 | 19 | 19 | 22 | 36,09 |
| 30 | 18 | 19 | 22 | 36,71 | 19 | 20 | 22 | 35,98 |
| 35 | 18 | 19 | 22 | 36,49 | 19 | 20 | 22 | 35,98 |
| 40 | 19 | 20 | 22 | 36,42 | 19 | 20 | 22 | 36,07 |
| 45 | 19 | 20 | 22 | 36,46 | 19 | 20 | 22 | 35,95 |
| 50 | 19 | 20 | 22 | 36,58 | 19 | 20 | 22 | 35,87 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|-------|----------------------|----|----|-------|
| 55 | 19 | 20 | 22 | 36,33 | 20 | 20 | 22 | 35,91 |
| 60 | 19 | 20 | 22 | 36,30 | 20 | 20 | 23 | 35,88 |
| Persentase rata-rata | | | | 36,94 | Persentase rata-rata | | | 36,38 |



GAMBAR 3. 6

Awal pengukuran dan akhir pengukuran menggunakan variasi MB 1,5 ml pada (a) sampel A,B,C,D,E,F (yang dilapisi TiO₂), (b) sampel *unit control*, mortar variasi 1, mortar variasi 2, mortar variasi 3 (tidak dilapisi TiO₂)

b. Pengujian menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* 5 ml (lebih pekat)

Pengujian fotokatalis menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* dengan komposisi lebih pekat sebesar 5 ml dilakukan selama satu jam 40 menit dibawah sinar matahari langsung yang di foto setiap lima menit untuk melihat degradasi perubahan warna objek penelitian. Data hasil pengukuran RGB dari setiap sampel selama pengukuran fotokatalis menggunakan variasi *Methylene Blue* 5 ml dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

TABEL 3. 3
Data RGB pada Sampel A, B, C, D, E, F, dan G menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* 5 ml

| Waktu (menit) | Sampel A | | | | Sampel B | | | |
|---------------|----------|----|----|-------|----------|----|----|-------|
| | R | G | B | % | R | G | B | % |
| 0 | 16 | 17 | 21 | 39,20 | 15 | 19 | 23 | 40,13 |
| 5 | 17 | 19 | 23 | 38,88 | 16 | 18 | 22 | 38,32 |
| 10 | 17 | 19 | 23 | 38,11 | 17 | 19 | 22 | 37,73 |
| 15 | 18 | 19 | 22 | 37,64 | 18 | 20 | 23 | 37,50 |
| 20 | 18 | 19 | 22 | 37,43 | 18 | 20 | 23 | 37,44 |
| 25 | 19 | 19 | 22 | 37,25 | 19 | 20 | 23 | 37,30 |
| 30 | 19 | 20 | 23 | 37,14 | 19 | 21 | 23 | 36,71 |
| 35 | 20 | 21 | 24 | 37,00 | 19 | 21 | 23 | 36,71 |
| 40 | 20 | 21 | 24 | 36,70 | 20 | 21 | 23 | 36,50 |
| 45 | 20 | 21 | 23 | 36,11 | 20 | 22 | 24 | 36,59 |

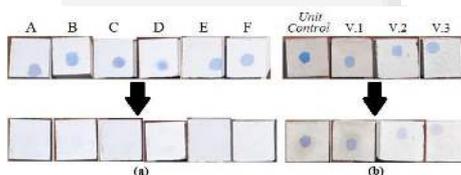
| | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------|----------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| 50 | 20 9 | 21 7 | 24 0 | 36,0 3 | 20 9 | 21 5 | 24 2 | 36,3 3 | |
| 55 | 21 1 | 21 9 | 23 9 | 35,7 2 | 21 3 | 22 5 | 24 9 | 36,2 4 | |
| 60 | 21 3 | 22 0 | 23 9 | 35,5 6 | 21 5 | 22 3 | 24 4 | 35,7 7 | |
| 65 | 21 9 | 22 7 | 24 2 | 35,1 7 | 22 1 | 22 7 | 24 6 | 35,4 4 | |
| 70 | 22 8 | 23 2 | 24 5 | 34,7 5 | 22 8 | 23 4 | 24 8 | 34,9 2 | |
| Persentase rata-rata | | | | 36,8 5 | Persentase rata-rata | | | | 36,9 1 |
| Sampel C | | | | | Sampel D | | | | |
| Waktu (menit) | R | G | B | % | R | G | B | % | |
| 0 | 15 8 | 18 2 | 23 1 | 40,4 5 | 16 4 | 19 1 | 23 6 | 39,9 3 | |
| 5 | 16 3 | 17 7 | 22 1 | 39,3 9 | 17 4 | 19 7 | 24 0 | 39,2 7 | |
| 10 | 17 3 | 19 5 | 23 4 | 38,8 7 | 17 8 | 19 9 | 24 0 | 38,8 9 | |
| 15 | 18 5 | 20 2 | 23 9 | 38,1 7 | 19 0 | 20 7 | 24 0 | 37,6 7 | |
| 20 | 18 7 | 20 5 | 23 7 | 37,6 7 | 19 5 | 20 8 | 23 9 | 37,2 2 | |
| 25 | 19 5 | 20 5 | 23 9 | 37,4 0 | 19 9 | 21 3 | 24 3 | 37,0 9 | |
| 30 | 20 4 | 20 7 | 23 9 | 36,7 6 | 20 1 | 21 2 | 24 2 | 36,9 4 | |
| 35 | 20 7 | 21 5 | 24 1 | 36,3 4 | 20 5 | 21 4 | 24 3 | 36,7 0 | |
| 40 | 20 8 | 21 7 | 24 2 | 36,2 8 | 21 2 | 22 0 | 24 2 | 35,9 0 | |
| 45 | 21 3 | 22 1 | 24 2 | 35,7 9 | 21 5 | 22 4 | 24 0 | 35,3 4 | |
| 50 | 21 7 | 22 3 | 24 2 | 35,4 8 | 21 8 | 22 6 | 24 2 | 35,2 7 | |
| 55 | 21 9 | 22 5 | 24 1 | 35,1 8 | 22 0 | 22 4 | 23 9 | 34,9 9 | |
| 60 | 22 3 | 22 9 | 24 0 | 34,6 8 | 22 4 | 22 7 | 24 2 | 34,9 2 | |
| 65 | 22 5 | 23 2 | 24 3 | 34,7 1 | 22 6 | 22 9 | 24 3 | 34,8 1 | |
| 70 | 22 8 | 23 2 | 24 4 | 34,6 5 | 23 2 | 23 6 | 24 8 | 34,6 3 | |
| Persentase rata-rata | | | | 36,7 9 | Persentase rata-rata | | | | 36,6 4 |
| Sampel E | | | | | Sampel F | | | | |
| Waktu (menit) | R | G | B | % | R | G | B | % | |
| 0 | 17 2 | 19 5 | 23 5 | 39,0 3 | 17 4 | 19 1 | 22 7 | 38,3 4 | |
| 5 | 18 6 | 19 1 | 23 1 | 37,9 9 | 18 6 | 19 0 | 22 3 | 37,2 2 | |
| 10 | 19 4 | 20 2 | 23 4 | 37,1 4 | 19 3 | 19 5 | 22 5 | 36,7 0 | |
| 15 | 19 8 | 20 4 | 22 9 | 36,2 9 | 19 5 | 20 3 | 22 6 | 36,2 1 | |
| 20 | 20 1 | 20 9 | 23 1 | 36,0 3 | 19 8 | 20 8 | 22 9 | 36,0 6 | |
| 25 | 20 5 | 21 0 | 23 0 | 35,6 5 | 20 6 | 21 0 | 23 2 | 35,8 0 | |
| 30 | 21 0 | 21 5 | 23 3 | 35,4 1 | 21 0 | 21 3 | 22 7 | 34,9 2 | |
| 35 | 21 7 | 22 1 | 23 2 | 34,6 2 | 22 2 | 22 5 | 23 2 | 34,1 6 | |
| 40 | 22 1 | 22 5 | 23 6 | 34,6 0 | 22 9 | 23 2 | 23 8 | 34,0 4 | |

| | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------|----------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| 45 | 22 6 | 22 9 | 23 8 | 34,3 4 | 23 1 | 23 4 | 23 9 | 33,9 4 | |
| 50 | 22 9 | 23 2 | 24 2 | 34,4 2 | 23 5 | 23 6 | 24 2 | 33,9 4 | |
| 55 | 23 1 | 23 4 | 24 3 | 34,3 2 | 23 5 | 23 6 | 24 1 | 33,8 4 | |
| 60 | 23 2 | 23 5 | 24 4 | 34,3 1 | 23 6 | 23 6 | 24 2 | 33,8 9 | |
| 65 | 23 3 | 23 6 | 24 3 | 34,1 2 | 23 6 | 23 7 | 24 2 | 33,8 4 | |
| 70 | 23 4 | 23 7 | 24 4 | 34,1 2 | 23 6 | 23 9 | 24 3 | 33,8 4 | |
| Persentase rata-rata | | | | 35,4 9 | Persentase rata-rata | | | | 35,1 2 |

TABEL 3.4
Data RGB pada Sampel Mortar *Unit Control*, Mortar Variasi 1, Mortar Variasi 2, dan Mortar Variasi 3 menggunakan variasi kepekatan *Methylene Blue* 5 ml

| Waktu (menit) | Sampel Mortar Biasa/ <i>Unit Control</i> | | | | Sampel Mortar Variasi 1 | | | | |
|-------------------------|---|----|----|-----------|-------------------------|----|----|------|-----------|
| | R | G | B | % | R | G | B | % | |
| 0 | 95 | 13 | 17 | 43,8 | 14 | 16 | 20 | 39,1 | |
| 5 | 11 | 13 | 17 | 42,7 | 15 | 16 | 19 | 37,8 | |
| 10 | 11 | 13 | 18 | 42,3 | 16 | 16 | 19 | 37,0 | |
| 15 | 12 | 13 | 18 | 41,3 | 16 | 16 | 19 | 36,9 | |
| 20 | 12 | 14 | 18 | 41,2 | 16 | 17 | 19 | 37,0 | |
| 25 | 12 | 14 | 18 | 41,2 | 16 | 17 | 20 | 37,0 | |
| 30 | 12 | 14 | 18 | 41,2 | 16 | 18 | 20 | 37,0 | |
| 35 | 12 | 13 | 17 | 40,2 | 17 | 18 | 20 | 36,8 | |
| 40 | 12 | 13 | 17 | 40,1 | 17 | 17 | 19 | 36,7 | |
| 45 | 12 | 13 | 17 | 40,1 | 17 | 18 | 20 | 36,3 | |
| 50 | 12 | 13 | 17 | 40,2 | 17 | 17 | 19 | 36,3 | |
| 55 | 12 | 13 | 17 | 40,1 | 17 | 17 | 20 | 36,2 | |
| 60 | 13 | 13 | 17 | 39,9 | 17 | 17 | 20 | 36,2 | |
| 65 | 13 | 13 | 18 | 40,0 | 17 | 18 | 20 | 36,1 | |
| 70 | 13 | 13 | 17 | 39,4 | 17 | 17 | 20 | 36,2 | |
| 75 | 13 | 13 | 17 | 39,2 | 16 | 16 | 19 | 36,1 | |
| 80 | 13 | 14 | 17 | 38,7 | 16 | 17 | 19 | 36,3 | |
| 85 | 13 | 14 | 17 | 39,0 | 17 | 17 | 19 | 36,2 | |
| 90 | 13 | 14 | 17 | 38,7 | 17 | 17 | 19 | 36,3 | |
| 95 | 14 | 14 | 18 | 39,2 | 17 | 17 | 19 | 36,1 | |
| 100 | 14 | 14 | 18 | 39,1 | 17 | 17 | 19 | 36,3 | |
| Persentase rata-rata | | | | 40,4 1 | Persentase rata-rata | | | | 36,7 1 |
| Sampel Mortar Variasi 2 | | | | | Sampel Mortar Variasi 3 | | | | |
| Waktu | R | G | B | % | R | G | B | % | |

| | | | | | | | | | | |
|---------|----------------------|----|----|------|------|----------------------|----|------|--|------|
| (menit) | | | | | | | | | | |
| 0 | 16 | 18 | 21 | 38,5 | 16 | 18 | 21 | 37,9 | | |
| | 4 | 4 | 8 | 1 | 7 | 5 | 5 | 1 | | |
| 5 | 17 | 19 | 21 | 37,2 | 18 | 18 | 21 | 36,6 | | |
| | 7 | 0 | 8 | 6 | 2 | 9 | 5 | 8 | | |
| 10 | 18 | 19 | 21 | 37,0 | 18 | 19 | 21 | 36,3 | | |
| | 0 | 1 | 8 | 1 | 8 | 4 | 8 | 3 | | |
| 15 | 18 | 19 | 22 | 37,0 | 19 | 19 | 21 | 36,0 | | |
| | 8 | 3 | 4 | 2 | 1 | 7 | 9 | 7 | | |
| 20 | 19 | 19 | 22 | 36,6 | 19 | 19 | 22 | 36,0 | | |
| | 0 | 4 | 2 | 3 | 3 | 8 | 0 | 0 | | |
| 25 | 19 | 19 | 22 | 36,5 | 19 | 19 | 22 | 36,0 | | |
| | 3 | 9 | 6 | 6 | 5 | 9 | 2 | 3 | | |
| 30 | 19 | 19 | 22 | 36,2 | 19 | 20 | 22 | 35,9 | | |
| | 4 | 8 | 3 | 6 | 6 | 1 | 3 | 6 | | |
| 35 | 19 | 19 | 22 | 36,2 | 19 | 20 | 22 | 35,7 | | |
| | 3 | 8 | 2 | 1 | 8 | 0 | 1 | 0 | | |
| 40 | 19 | 19 | 21 | 35,9 | 20 | 20 | 22 | 35,7 | | |
| | 3 | 6 | 7 | 8 | 0 | 5 | 5 | 1 | | |
| 45 | 19 | 19 | 21 | 35,7 | 20 | 19 | 22 | 35,7 | | |
| | 6 | 8 | 9 | 2 | 0 | 8 | 1 | 0 | | |
| 50 | 19 | 19 | 21 | 35,5 | 20 | 20 | 22 | 35,5 | | |
| | 6 | 6 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 8 | | |
| 55 | 19 | 20 | 21 | 35,2 | 20 | 20 | 22 | 35,4 | | |
| | 8 | 0 | 7 | 8 | 1 | 8 | 5 | 8 | | |
| 60 | 19 | 20 | 21 | 35,3 | 20 | 20 | 22 | 35,4 | | |
| | 7 | 1 | 8 | 8 | 1 | 9 | 5 | 3 | | |
| 65 | 19 | 20 | 21 | 35,3 | 20 | 20 | 22 | 35,4 | | |
| | 8 | 3 | 9 | 2 | 3 | 7 | 5 | 3 | | |
| 70 | 20 | 20 | 21 | 34,9 | 20 | 20 | 22 | 35,3 | | |
| | 0 | 1 | 5 | 0 | 4 | 7 | 5 | 7 | | |
| 75 | 20 | 20 | 21 | 34,6 | 20 | 20 | 22 | 35,0 | | |
| | 1 | 3 | 4 | 2 | 5 | 7 | 2 | 1 | | |
| 80 | 20 | 20 | 21 | 34,6 | 20 | 20 | 21 | 34,7 | | |
| | 3 | 3 | 5 | 2 | 6 | 5 | 9 | 6 | | |
| 85 | 20 | 20 | 21 | 34,5 | 20 | 20 | 22 | 34,7 | | |
| | 2 | 1 | 3 | 7 | 7 | 6 | 0 | 5 | | |
| 90 | 20 | 19 | 21 | 34,5 | 21 | 20 | 22 | 34,5 | | |
| | 1 | 9 | 1 | 3 | 1 | 9 | 2 | 7 | | |
| 95 | 19 | 19 | 21 | 34,5 | 21 | 21 | 22 | 34,5 | | |
| | 9 | 9 | 0 | 3 | 4 | 3 | 5 | 0 | | |
| 100 | 20 | 20 | 21 | 34,5 | 21 | 21 | 22 | 34,4 | | |
| | 2 | 7 | 6 | 6 | 5 | 6 | 7 | 9 | | |
| | Persentase rata-rata | | | | 35,7 | Persentase rata-rata | | | | 35,5 |
| | | | | | 6 | | | | | 9 |



GAMBAR 3. 7

Awal pengukuran dan akhir pengukuran menggunakan variasi MB 5 ml pada (a) sampel A,B,C,D,E,F (yang dilapisi TiO₂), (b) sampel unit control, mortar variasi 1, mortar variasi 2, mortar variasi 3 (tidak dilapisi TiO₂)

C. Analisa Data dan Pembahasan

1. Sudut Kontak

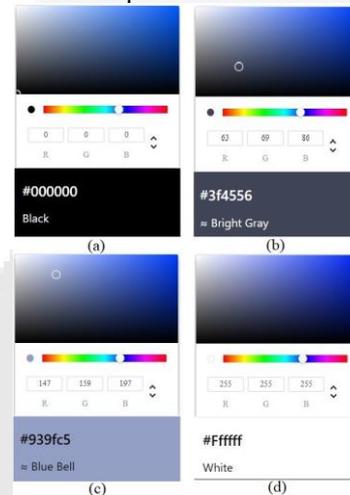
Besar sudut kontak yang didapat dari semua hasil pengukuran adalah kurang dari 90°. Sudut kontak dari mortar semen biasa/ unit control, mortar semen dengan lapisan TiO₂ tanpa PEG, dan mortar semen dengan lapisan TiO₂ + PEG adalah 0°. Hal itu berarti ketiga mortar semen tersebut bersifat sangat menyerap air atau super hidrofilik. Sedangkan mortar semen dicampur langsung dengan TiO₂

memiliki besar sudut kontak di atas 5°, dengan besar sudut kontak 19,5°. Tetapi besar sudut kontak tersebut masih jauh dibawah 90° yang berarti bersifat hidrofilik. Dengan hasil sudut kontak hidrofilik tidak membuat proses fotokatalis sebagai self-cleaning terhambat, akan tetapi sifat self-cleaning melalui cara sudut kontak hidrofobik seperti efek pada daun teratai saja yang tidak terpenuhi.

2. RGB dan Hasil Pengujian Sifat Fotokatalis

a. RGB

Ruang warna Red, Green, Blue (RGB) adalah ruang warna standar yang berdasarkan dari akuisisi frekuensi warna oleh sensor elektronik, dan RGB juga disebut ruang warna aditif, artinya seluruh warna dimulai dengan warna hitam kemudian dibentuk dengan menambahkan tiga warna primer yaitu merah, hijau, dan biru[3]. Dengan adanya gabungan dari warna merah, hijau, dan biru ini akan terbentuk warna-warna baru lainnya. Ruang warna RGB ini digunakan pada pengujian fotokatalis untuk memudahkan dalam membedakan warna zat pengotor saat terdegradasi dengan membandingkan rentang nilai dari RGB yang didapat. Pada Gambar 4.8 memperlihatkan perbedaan nilai dari contoh acuan 1 yang memiliki warna paling gelap hingga contoh acuan 4 yang memiliki warna paling terang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin terang warna yang didapat maka nilai RGB yang dihasilkan akan semakin besar pula.

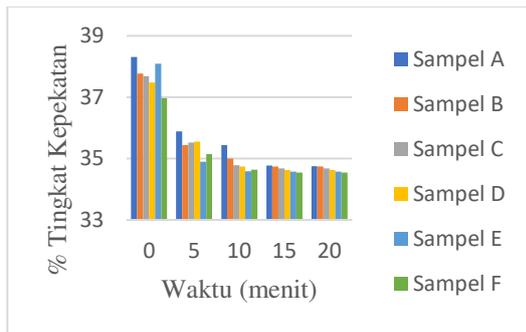


GAMBAR 3. 8

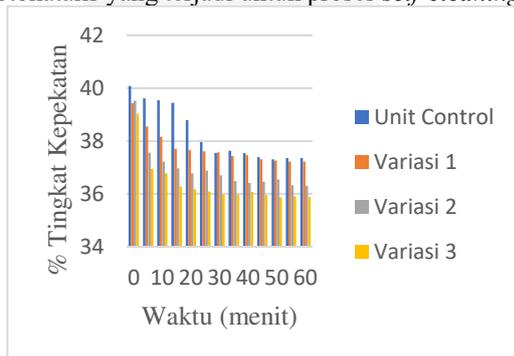
Data acuan nilai RGB (a) contoh acuan 1, (b) contoh acuan 2, (c) contoh acuan 3, (d) contoh acuan 4

b. Pengaruh Komposisi TiO₂ terhadap Hilangnya Pengotor

1. Variasi kepekatan Methylene Blue 1,5 ml

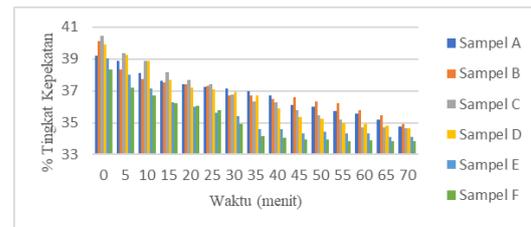


Gambar 4.9 memperlihatkan persentase tingkat kepekatan warna dari zat pengotor dengan perhitungan berdasarkan data RGB pengujian fotokatalis. Dengan nilai persentase pada akhir pengukuran yaitu 34,75% pada sampel A, 34,74% sampel B, 34,68% sampel C, 34,63% sampel D, 34,57% sampel E, dan 34,54% sampel F. Pemberian lapisan TiO_2 menyebabkan semakin cepat proses pendegradasian zat pengotor dan tingkat kepekatan warnanya pun semakin menurun. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar komposisi dari TiO_2 yang digunakan maka semakin cepat sifat fotokatalis yang terjadi untuk proses *self-cleaning*.

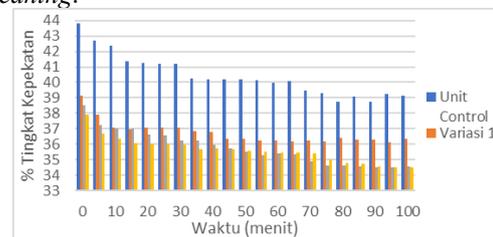


Pada Gambar 4.10 terlihat persentase dari tingkat kepekatan warna zat pengotor di permukaan mortar yang dicampurkan langsung TiO_2 dengan beberapa variasi beserta mortar biasa/ unit control selama pengujian fotokatalis berdasarkan data RGB yang diperoleh. Dengan nilai persentase pada akhir pengukuran yaitu 37,36% pada sampel mortar biasa/ unit control, 37,22% sampel mortar variasi 1 (campuran TiO_2 50 g), 36,30% sampel mortar variasi 2 (campuran TiO_2 100 g), dan 35,88% sampel mortar variasi 3 (campuran TiO_2 150 g). Pemberian TiO_2 pada campuran bahan pembuatan mortar semen menyebabkan semakin cepat proses pendegradasian zat pengotor dan tingkat kepekatan warnanya pun semakin menurun dibandingkan dengan sampel mortar biasa/ unit control. Semakin besar tingkat komposisi TiO_2 maka semakin cepat sifat fotokatalis berlangsung untuk proses *self-cleaning*.

2. Variasi kepekatan *Methylene Blue* 5 ml



Gambar 4.11 memperlihatkan persentase tingkat kepekatan warna dari zat pengotor dengan perhitungan berdasarkan data RGB pengujian fotokatalis. Dengan nilai persentase pada akhir pengukuran yaitu 34,75% pada sampel A, 34,92% sampel B, 34,65% sampel C, 34,63% sampel D, 34,12% sampel E, dan 33,84% sampel F. Pemberian lapisan TiO_2 menyebabkan semakin cepat proses pendegradasian zat pengotor dan tingkat kepekatan warnanya pun semakin menurun, dan semakin besar komposisi dari TiO_2 yang digunakan maka semakin cepat sifat fotokatalis yang terjadi untuk proses *self-cleaning*.



Pada Gambar 4.12 terlihat persentase dari tingkat kepekatan warna zat pengotor di permukaan mortar yang dicampurkan langsung TiO_2 dengan beberapa variasi beserta mortar biasa/ unit control selama pengujian fotokatalis berdasarkan data RGB yang diperoleh. Dengan nilai persentase pada akhir pengukuran yaitu 39,14% pada sampel mortar biasa/ unit control, 36,33% sampel mortar variasi 1 (campuran TiO_2 50 g), 34,56% sampel mortar variasi 2 (campuran TiO_2 100 g), dan 34,49% sampel mortar variasi 3 (campuran TiO_2 150 g). Hasil ini menunjukkan semakin tinggi komposisi TiO_2 pada campuran bahan pembuatan mortar semen maka semakin cepat proses fotokatalis untuk pendegradasian zat pengotor dan tingkat kepekatan warnanya pun semakin menurun dibandingkan dengan sampel mortar biasa/ unit control.

IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh sudut kontak $19,5^\circ$ (hidrofilik) pada mortar semen dicampur langsung dengan TiO_2 , dan sudut kontak 0° (superhidrofilik) pada mortar semen biasa/ unit control, mortar semen dengan lapisan TiO_2 tanpa PEG, dan mortar semen dengan lapisan TiO_2 + PEG. Dan kondisi morfologi permukaan mortar yang diperoleh adalah bergelombang atau tidak rata karena bentuk dari dinding cetakan mortar.

2. Kondisi terbaik permukaan mortar semen akibat proses fotokatalis diperoleh pada sampel F dengan persentase rata-rata tingkat kepekatan warna zat pengotor sebesar 35,12% yang memiliki komposisi TiO_2 sebesar 6 gram pada lapisan permukaan mortar semen. Penggunaan komposisi TiO_2 yang semakin banyak dapat mempercepat sifat fotokatalis yang terjadi untuk proses *self-cleaning*, mempercepat zat pengotor terdegradasi pada permukaan mortar semen dan tingkat kepekatan warnanya pun semakin menurun. Serta penambahan PEG juga sedikit mempercepat proses *self-cleaning* dengan hasil yang tidak jauh berbeda dari komposisi TiO_2 tanpa PEG.

REFERENSI

- [1] D. Y. Akbar, "Pengaruh Komposisi TiO_2 Terhadap Kemampuan Self Cleaning Pada Kaca Dengan Dispersant Polietilen Glikol (PEG) 4000," 2015.
- [2] A. P. Sihombing, Y. Afrizal, and A. Gunawan, "Pengaruh Penambahan Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar," *Inersia, J. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 1, pp. 31–38, 2019, doi: 10.33369/ijts.10.1.31-38.
- [3] H. Sanusi, S. H. S., and D. T. Susetianingtias, "Pembuatan Aplikasi Klasifikasi Citra Daun Menggunakan Ruang Warna Rgb Dan Hsv," *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 24, no. 3, pp. 180–190, 2019, doi: 10.35760/ik.2019.v24i3.2323.