

## OPTIMASI PROSES PENGUKURAN DIMENSI DAN DEFECT UBIN KERAMIK MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DAN FULL FACTORIAL DESIGN

*Denny Sukma Eka Atmaja*  
Pascasarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Email: dennysukma@gmail.com

*Muhammad Kusumawan Herliansyah*  
Pascasarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Email: herliansyah@ugm.ac.id

### ABSTRACT

The inspection process of surface quality of ceramic tile could be done by using image processing technique through the optimization by using Center for Ceramics's parameter on Indonesian National Standard (SNI) ISO 10545. This research will analyze from light intensities (level 300lx, 600lx, and 900lx), and camera distances (50cm, 75cm and 100cm), with three times replication using full factorial design. This research uses Matlab 2009a software to identify area and defect on dry spots ceramic tile's surface. The result obtained from this research is there were significant influencing factors: light intensity, and camera distance, as well as the interaction of these factors towards the error rate percentage of measuring area and defect on ceramic tile's surface. The smallest error rate value from measuring tile's surface and diameter of dry spots with light intensity of 300lx and camera distance of 50cm had been obtained the error rate value for each measurement about 0.0675% and 2.30%, with combination of grayscale value for the error rate measurements of tile's surface and diameter of dry spots were  $0.2989 \times R + G + 0.5870 \times B$ . Based on the correlation coefficient value between light intensity, camera distance towards the error rate of measuring area and defect on tile's surface, each of them was obtained correlation coefficient value of camera distance with error rate had 0.518 and 0.516, which meant a strong correlation. The positive correlation coefficient value showed a unidirectional relationship of two variables, where the rise of one variable would cause the rise of another variable and the decline of one variable would cause the decline of another variable.

**Keywords:** *Image processing technique; Full factorial design; Design of experiment; Binary scale; Ceramic tile*

### ABSTRAK

Proses pemeriksaan kualitas permukaan ubin keramik dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra melalui optimasi menggunakan parameter dari Balai Besar Keramik yang mengacu pada SNI ISO 10545. Penelitian ini akan melakukan analisis dari faktor intensitas cahaya (level 300 lx, 600 lx, dan 900 lx) dan jarak kamera (50 cm, 75 cm, dan 100 cm), dengan replikasi sebanyak 3 kali dengan menggunakan *full factorial design*. Penelitian ini menggunakan aplikasi yang telah dibuat dengan menggunakan Matlab 2009a untuk mengidentifikasi luas dan cacat permukaan ubin jenis *dry spots*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini mendapati dua faktor yang berpengaruh signifikan yaitu intensitas cahaya dan jarak kamera, maupun interaksi dari kedua faktor terhadap presentase tingkat kesalahan pengukuran luas dan cacat pada ubin keramik. Tingkat *error* terkecil dari pengukuran luas permukaan ubin dan pengukuran diameter *dry spots* pada intensitas cahaya 300 lx dengan jarak 50 cm diperoleh nilai tingkat *error* untuk masing-masing pengukuran sebesar 0,0675% dan 2,30%, dengan kombinasi nilai *grayscale* untuk tingkat *error* pengukuran luas permukaan dan pengukuran diameter *dry spots* adalah  $0,2989 \times R + 0,1140 \times G + 0,5870 \times B$ . Berdasarkan nilai koefisien korelasi antara intensitas cahaya, jarak

kamera terhadap tingkat *error* pengukuran luas ubin dan cacat *dry spots*, masing-masing diperoleh nilai koefisien korelasi jarak kamera dengan tingkat *error* memiliki nilai 0,518 dan 0,516 yang berarti hubungan korelasi kuat. Koefisien korelasi positif menunjukkan hubungan yang searah dari dua variabel, di mana kenaikan satu variabel akan menyebabkan kenaikan variabel yang lain dan sama halnya penurunan satu variabel akan menyebabkan penurunan variabel yang lain.

**Kata Kunci:** *Image processing technique; Full factorial design; Design of experiment; Binary scale; Ubin keramik*

## PENGANTAR

Pada saat ini proses inspeksi visual terhadap kualitas ubin keramik baik yang dilakukan di Balai Besar Keramik maupun di industri keramik di Indonesia masih dilakukan secara manual dengan penglihatan manusia. Hal ini tentu saja dapat membutuhkan proses inspeksi yang relatif lama karena adanya keterbatasan pada penglihatan manusia dan adanya perbedaan persepsi antara individu yang satu dengan yang lainnya (Elbehiery dkk, 2005). Penglihatan manusia harus secara tepat dapat melihat objek kerusakan pada permukaan ubin keramik. Secara kasat mata, seorang manusia tanpa memiliki pengetahuan yang khusus dapat membedakan keramik yang normal tanpa cacat dengan keramik yang mempunyai cacat. Biasanya mereka hanya berbekal pengalaman dan pengetahuan yang didapat sebelumnya (Elbehiery dkk 2005). Hawa panas dan kejenuhan dalam proses pemeriksaan yang monoton dapat menyebabkan ketidaktelitian dan kesalahan dalam penentuan kualitas ubin. Proses penyeleksian ini dilakukan tidak hanya seorang diri tapi bisa mencapai 2-3 orang atau lebih secara bergantian dengan tujuan untuk menjaga akurasi pada proses inspeksi. Selain itu menurut Elbehiery dkk (2005), penilaian manusia biasanya dipengaruhi oleh harapan dan pengetahuan yang dimiliki sebelumnya. Akan tetapi, proses penyeleksian yang

dilakukan oleh manusia secara manual ini tetap saja dapat memperlambat proses produksi dan pengepakan keramik secara keseluruhan (Afandi dkk 2010).

Proses kontrol merupakan salah satu persoalan yang penting dalam persaingan antara produsen industri keramik serta mempengaruhi harga dengan melihat kemurnian dari tekstur, akurasi warna, dan bentuk (Rahaman dkk 2009). Kontrol kualitas mutu permukaan keramik (*surface quality*) adalah salah satu parameter yang dapat diamati secara langsung baik di *line* produksi maupun oleh konsumen. Seiring dengan perkembangan teknologi komputer yang semakin canggih dan teknik pengolahan citra saat ini dapat diimplementasikan untuk membantu produsen dalam melakukan kontrol kualitas permukaan ubin.

Menurut Wise dkk (1990) dalam Ikrar (2004) pemanfaatan citra dalam ilmu pengetahuan telah berlangsung sejak lama dan terus berkembang sampai saat ini. Sejumlah besar data yang menggambarkan sebuah objek dan kompleks dapat direpresentasikan hanya dengan visualisasi data tersebut sebagai sebuah citra. Elbehiery dkk (2005) menggunakan teknik pengolahan citra dan pengoperasian morfologikal pada proses pendeteksian cacat pada keramik. Penelitian yang dilakukan Afandi dkk (2010) mengimplementasikan teknik pencitraan dengan melakukan pengklasifikasian kualitas keramik menjadi empat kategori yakni kualitas-1, kualitas-2, kualitas-3, dan kualitas-4 dengan acuan menggunakan operasi selisih piksel putih untuk menentukan jenis kualitas keramik. Pratiwi dkk (2014) merancang sistem dengan menggunakan sensor kamera untuk pengambilan citra dan menggunakan komputer sebagai perangkat lunak untuk pemrosesan citra. Pada penelitian tersebut, pengaruh kondisi lingkungan dalam hal ini proses pencahayaan, merupakan parameter yang perlu diperhatikan karena kondisi intensitas

cahaya dapat berubah sesuai dengan kondisi lingkungan. Terkait proses inspeksi terhadap kualitas dari ubin keramik terdapat tiga parameter yang diukur oleh beberapa mesin vision yang digunakan untuk proses inspeksi secara visual terkait kualitas ubin keramik, yaitu analisis warna, mendeteksi setiap jenis cacat pada proses manufaktur, dan mengukur kepresisian dari dimensi ubin keramik (Boukouvalas dkk, 1998).

Berdasarkan SNI ISO 10545-2:2010 mengenai prosedur inspeksi mutu permukaan keramik, jarak pengamatan dilakukan pada jarak 1 meter dengan intensitas cahaya 300 lx pada permukaan ubin dengan menggunakan mata telanjang. Berdasarkan acuan tersebut maka pada penelitian ini menggunakan dua hal tersebut sebagai variabel yang mempengaruhi dalam inspeksi kualitas permukaan ubin keramik. Pada penelitian ini akan dikembangkan suatu sistem visual yang lebih sederhana yang mampu digunakan untuk mengukur variabel-variabel yang mempengaruhi inspeksi kualitas permukaan ubin keramik khususnya untuk mengetahui tingkat kepresisian terhadap pengukuran luas dan *defect* ubin keramik jenis *dry spots*. Untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi atau tingkat *error* yang minimal dengan melakukan manipulasi variabel-variabel untuk mengetahui respon sehingga eksperimen yang dilakukan mendapatkan hasil yang valid dan objektif, maka perlu dilakukan suatu *design of experiment*.

### Image Processing

Menurut Efford (2000) dalam Kadir dan Susanto (2013) pengolahan citra adalah istilah umum untuk berbagai teknik yang keberadaannya untuk memanipulasi dan memodifikasi citra dengan berbagai cara. Menurut Kadir dan Susanto (2013) pengolahan citra merupakan bagian penting yang mendasari berbagai aplikasi nyata, seperti pengenalan pola, penginderaan jarak jauh melalui satelit atau pesawat udara, dan *machine vision*. Pada

pengenalan pola, pengolahan citra antara lain berperan untuk memisahkan objek dari latarbelakang secara otomatis. Selanjutnya, objek akan diproses oleh pengklasifikasi pola. Pada penelitian dengan tujuan untuk mengidentifikasi produk berdasarkan kualitasnya telah banyak dikembangkan. Elbehriy dkk (2005) menggunakan konsep *image processig* untuk mengidentifikasi *defect* pada keramik. Boukouvalas dkk (2006) berfokus pada masalah inspeksi otomatis keramik ubin menggunakan *computer vision* yang digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis cacat pada jenis ubin polos dan bertekstur.

### Full Factorial Design

Untuk mendapatkan hasil yang valid serta objektif dibutuhkan suatu metode yang mampu memanipulasi variabel-variabel untuk mengetahui respon yang dihasilkan, yaitu dengan menggunakan *design of experiment*. Penelitian yang dilakukan Baroroh (2014) terkait optimasi terhadap proses *electrochemical machining* dengan menggunakan 2 faktor dan 3 level dengan respon nilai *material removal rate* (MRR) serta menggunakan replikasi sebanyak 3 kali menggunakan pendekatan *full factorial design*. Pada penelitian tersebut menghasilkan kedua faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai MRR maupun *overcut*. Penelitian lainnya terkait dengan *design of experiment* adalah penelitian Jayabal dkk (2011) yang berhasil melakukan optimasi dengan pendekatan *full factorial design* dalam proses *drilling*, di mana terdapat faktor interaksi di dalamnya karena faktor tersebut ternyata memiliki pengaruh yang signifikan.

### Metode

Tujuan utama pada penelitian ini adalah mengetahui perbedaan pengaruh dari variabel-variabel yang berpengaruh pada inspeksi pengukuran luas dan defect pada permukaan ubin keramik sehingga dapat menghasilkan faktor yang berpengaruh

terhadap tingkat akurasi pengukuran. Penelitian ini menggunakan dua faktor, yaitu intensitas cahaya dan jarak pengambilan citra sesuai dengan prosedur SNI ISO 10545-2:2010. Untuk level masing-masing faktor ditentukan berdasarkan prosedur yang terdapat pada SNI ISO 10545-2:2010 dan penelitian pendahuluan. Intensitas cahaya yang digunakan untuk inspeksi visual berdasarkan SNI ISO 10545-2:2010 sebesar 300 lx pada permukaan ubin. Standar tersebut digunakan sebagai *low level*. Untuk *medium level* digunakan intensitas cahaya sebesar 600 lx dan *high level* sebesar 900 lx. Untuk jarak pengambilan gambar didasarkan pada acuan yang tertera pada SNI ISO 10545-2:2010 yaitu 100 cm, tetapi jarak tersebut dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan inspeksi. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan user yang bertugas melakukan inspeksi pada jarak 50 cm hal ini dilakukan untuk melihat kualitas permukaan keramik lebih detail. Untuk *low level* jarak pengambilan citra digunakan jarak 50 cm, *medium level* 75 cm, dan *high level* sebesar 100 cm.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan akan diketahui parameter-parameter yang mempengaruhi proses identifikasi citra ubin keramik dan dipilih 2 parameter yang dianggap paling berpengaruh terhadap hasil identifikasi citra ubin keramik. Parameter yang dipilih adalah luas ubin dan diameter *defect* jenis *dry spots* pada permukaan ubin. Pada Tabel 1 ditunjukkan hasil konversi luas ubin sebenarnya ke dalam piksel dan didapatkan luas ubin yang berbeda-beda berdasarkan jarak pengambilan citra. Pada Tabel 2 diperoleh hasil konversi diameter *dry spots* sebenarnya ke dalam bentuk piksel.

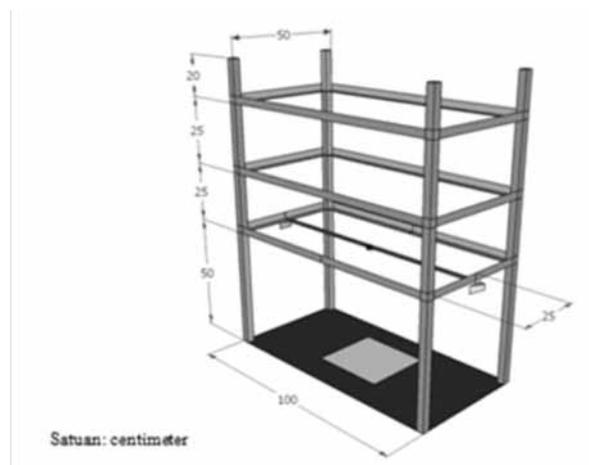
Tabel 1  
Data Acuan Luas Ubin Normal Keramik

No	Jarak (cm)	Sisi (pixel)	Luas Ubin (pixel)
1	50	411	168921
2	75	269	72361
3	100	208	43264

Tabel 2  
Data Acuan Diameter *Dry Spots* Max Ubin *Defect*

No	Jarak (cm)	Diameter Max (cm)	Diameter Max (pixel)
1	50	5.23	7.17
2	75	5.23	4.69
3	100	5.23	3.63

Tahapan selanjutnya adalah menyusun desain eksperimen yang meliputi faktor, level, dan jumlah replikasinya. Jumlah faktor yang digunakan tergantung dari parameter yang dipilih, sedangkan level yang akan digunakan terdiri dari 3 level yaitu *low*, *medium*, dan *high*. Untuk memudahkan dalam mengetahui tingkat akurasi khususnya tingkat *error* dari proses pengukuran, maka diperlukan sebuah media antar muka (*interface*) yang terdapat pada menu *library* Matlab, yaitu dengan menggunakan GUI (*Graphical User Interface*). Penelitian ini juga menggunakan kerangka *rig* dalam proses pengambilan citra. Kerangka peraga terbuat dari besi dengan ukuran 120 x 50 x 100 cm. Kerangka peraga digunakan untuk tempat *webcam* yang digunakan untuk proses pengambilan gambar dan mengatur jarak *webcam* serta sebagai tempat untuk meletakkan sumber cahaya dari lampu LED 10 watt. Kerangka *rig* penelitian tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



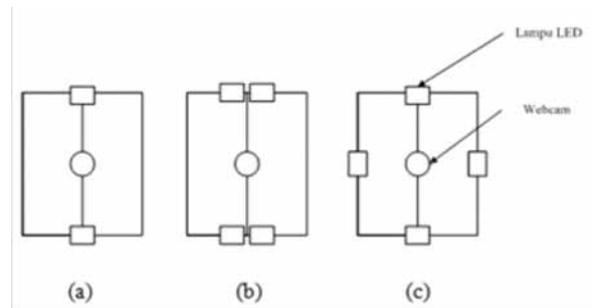
Gambar 1  
Desain Kerangka *Rig* Penelitian

Untuk mendapatkan intensitas cahaya sesuai dengan level yang ditentukan, pada penelitian ini digunakan sumber cahaya dari lampu LED 10 watt dengan melakukan pengaturan sebagai berikut: *pertama*, Intensitas cahaya 300 lx diperoleh dari dua buah lampu yang dipasang di sisi kanan dan kiri kerangka *rig* penelitian dengan posisi di tengah-tengah atau 25cm dari kerangka yang dapat dilihat pada Gambar 2 (a). Pengaturan arah cahaya dilakukan secara manual dengan mengatur posisi cahaya dari lampu. Cahaya diarahkan ke ubin keramik dan diukur dengan *lux metter* untuk menghitung intensitas cahaya. Ketika intensitas cahaya sudah tepat pada intensitas cahaya 300lx selanjutnya arah dan posisi lampu dikunci dengan menggunakan *screw* agar posisi tidak berubah-ubah.

*Kedua*, Intensitas cahaya 600 lx diperoleh dari empat buah lampu yang dipasang di sisi kanan dua buah lampu, dan sisi kiri dua buah lampu. Sama seperti yang dilakukan pada *setup* cahaya 300lx, tetapi masing-masing sisi terdapat dua buah lampu yang dipasang di tengah-tengah atau 25 cm dari kerangka yang dapat dilihat pada Gambar 2 (b). Pengaturan arah cahaya dilakukan secara manual dengan mengatur posisi cahaya dari lampu. Cahaya diarahkan ke ubin keramik dan diukur dengan *lux metter* untuk menghitung intensitas cahaya. Ketika intensitas cahaya sudah tepat pada intensitas cahaya 600lx, selanjutnya arah dan posisi lampu di kunci dengan menggunakan *screw* agar posisi tidak berubah-ubah.

*Ketiga*, Intensitas cahaya 900lx diperoleh dari empat buah lampu yang dipasang di sisi kanan satu buah lampu, sisi kiri satu buah lampu sisi depan dan sisi belakang satu buah lampu. Sama seperti yang dilakukan pada *setup* cahaya sebelumnya namun pada sisi kanan dan dikiri lampu dipasang di tengah-tengah atau 25cm sedangkan pada sisi depan dan belakang dipasang pada jarak 50 cm kerangka atau dapat dilihat pada Gambar 2 (c). Pengaturan arah cahaya dilakukan

secara manual dengan mengatur posisi cahaya dari lampu. Cahaya diarahkan ke ubin keramik dan diukur dengan *lux metter* untuk menghitung intensitas cahaya. Ketika intensitas cahaya sudah tepat pada intensitas cahaya 900lx, selanjutnya arah dan posisi lampu di kunci dengan menggunakan *screw* agar posisi tidak berubah-ubah.



Gambar 2  
Tata Letak Lampu LED (a) 300lx, (b) 600lx,  
dan (c) 900lx

Pada aplikasi pengukuran luas ubin keramik, variabel input yang dibutuhkan adalah citra ubin keramik yang meliputi nama citra, ukuran citra, dan dimensi dari citra tersebut yang disesuaikan dengan jarak pengambilan citra kemudian variabel outputnya adalah luas ubin, penyimpangan pengukuran dan waktu komputasi. Pada aplikasi ini juga ditambahkan komponen lain untuk menampilkan proses pengolahan citra yang diukur meliputi proses identifikasi dan *pre-processing* dengan menambahkan 2 *axes*.

Pada aplikasi pengukuran diameter *dry spots* ubin keramik, variabel *input* yang dibutuhkan adalah citra ubin keramik yang meliputi nama citra, ukuran citra, dan dimensi dari citra tersebut yang disesuaikan dengan jarak pengambilan citra dan pengaturan tingkat kecerahan (*brightness*) kemudian variabel outputnya adalah luas keseluruhan *dry spots*, diameter *dry spots* maksimum, penyimpangan pengukuran dan waktu komputasi. Pada aplikasi ini juga ditambahkan komponen lain untuk menampilkan proses pengolahan citra yang diukur meliputi proses identifikasi dan *pre-*

processing dan hasil identifikasi *dry spots* ubin keramik dengan menambahkan 3 axes.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan algoritma yang digunakan untuk identifikasi luas permukaan keramik dan identifikasi *dry spots* (*defect*). Tahapan-tahapan yang digunakan untuk menghitung luas permukaan ubin keramik berdasarkan area citra adalah sebagai berikut: pertama, Mengubah citra dari RGB menjadi *grayscale*

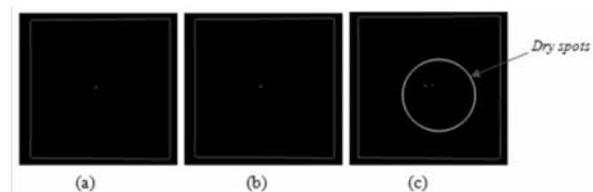
Tahapan awal yang dilakukan untuk memudahkan dalam proses identifikasi ubin adalah dengan mengkonversi citra RGB dalam bentuk *grayscale*. Tujuan konversi ini agar lebih memudahkan dalam melakukan analisis citra yang diperlukan pada proses tahapan pengolahan citra selanjutnya. Kedua, Mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner. Citra jenis ini banyak dipakai dalam pemrosesan citra, misalnya untuk kepentingan memperoleh tepi bentuk suatu objek (Kadir dan Susanto 2013).

Ketiga, Deteksi Tepi Metode deteksi yang digunakan pada penelitian ini adalah operator *canny*. Algoritma ini memberikan tingkat kesalahan yang sangat rendah, melokalisasi titik-titik tepi (jarak piksel-piksel tepi yang ditemukan deteksi dan tepi yang sesungguhnya sangat pendek), dan hanya memberikan satu tanggapan untuk satu tepi. Keempat, Operasi *Filling* digunakan untuk proses rekonstruksi dengan cara mengubah *pixel-pixel* pada latar belakang yang terhubung (0) menjadi *pixel* yang tampak (1) sehingga didapatkan hasil secara jelas dengan operasi *flood fill*. Kelima, Perhitungan luas ubin. Operasi morfologi untuk menghitung area citra yang digunakan untuk menghitung luas permukaan ubin dengan cara menghitung keseluruhan *pixel* yang berwarna putih atau bernilai 1 dengan perintah *bwarea*. Keenam, Perhitungan simpangan pengukuran. Nilai hasil perhitungan luas ubin akan dibandingkan dengan luas acuan keramik untuk mendapatkan selisih dari hasil pengukuran

untuk kemudian dijadikan sebagai nilai *error* hasil pengukuran dengan menggunakan operasi pengurangan *absolute*.

Tahapan selanjutnya adalah perancangan algoritma untuk indentifikasi jenis *defect dry spots* adalah sebagai berikut:

- a. Mengubah citra dari RGB menjadi *grayscale*;
- b. Operasi *imcrop*;  
Operasi *imcrop* digunakan untuk melakukan pemotongan pada citra. Tujuan pemotongan ini adalah untuk mendapatkan secara spesifik bentuk objek serta *defect* yang terdapat pada permukaan keramik khususnya *dry spots*.
- c. Pengaturan nilai kontras;  
Agar *dry spots* dapat terdeteksi khususnya dengan deteksi tepi, maka tingkat kecerahan (*brightness*) pada citra perlu di geser ke arah kiri atau tingkat kecerahannya dikurangi, khususnya pada tingkat kecerahan 600lx dan 900lx hal ini didasarkan pada hasil percobaan yang telah dilakukan sebelumnya seperti pada Gambar 1.



Gambar 3  
Pengaturan Nilai Kecerahan pada Intensitas Cahaya 600lx, (a) Tanpa Penurunan, (b) 45, dan (c) 90

- d. Deteksi tepi (*canny*);
- e. Operasi *filling*;
- f. Algoritma pencarian panjang dan lebar *dry spots*;  
Algoritma yang digunakan untuk mendapatkan nilai panjang dan lebar *dry spots*, sebagai berikut:  
Panjang= $\text{sum}(\text{BWdim})$ ;  
 $x2 = \text{max}(\text{find}(\text{panjang} > 0))$ ;  
 $x1 = \text{min}(\text{find}(\text{panjang} > 0))$ ;

```
lebar=sum(BWdim,2);
y2=max(find(lebar>0));
y1=min(find(lebar>0));
width=x2-x1;
height=y2-y1;
```

- g. Algoritma pencarian diameter max *dry spots*;  
Untuk menghitung diameter maksimum *dry spots*, maka hasil pencarian panjang dan lebar diubah dulu dalam bentuk *binary* dan dicari jumlah nilai *pixel* maximumnya.  
A = im2bw(panjang);  
B = im2bw(lebar);  
AA = sum(A);  
BB = sum(B);  
Diameter\_dryspot = max(AA, BB)

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data untuk dapat mengamati lebih dalam, maka pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *full factorial design* dan dilakukan sebanyak tiga kali replikasi untuk memastikan kepresisian hasil. Selanjutnya akan dicari nilai rata-ratanya sebagai respon dari masing-masing kombinasi.

Setelah didapatkan data yang dibutuhkan, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisis statistik dengan melaku-

kan uji normalitas data. Jika distribusi yang didapat normal, maka dilakukan uji parametrik dengan menggunakan ANOVA, tetapi jika tidak maka dilakukan uji non parametric dengan menarik keputusan terkait ada tidaknya pengaruh dari faktor terhadap penelitian. Selanjutnya jika faktor interaksi berpengaruh secara signifikan maka lakukan uji *post hoc*.

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah hasil yang telah didapat akan dirangkum serta diambil kesimpulan dan diberikan saran tentang arahan pengembangan penelitian selanjutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Image Processing

Pada tahapan *image processing* ini akan menampilkan variabel yang berpengaruh terhadap inspeksi kualitas permukaan ubin dengan teknik pengolahan citra. Data yang digunakan adalah citra hasil eksperimen pada intensitas cahaya 300lx dengan jarak pengambilan gambar 50 cm.

### Pengaruh Kualitas Citra

Untuk mengetahui pengaruh ukuran citra (*pixel/image*) terhadap luas ubin keramik yang dihasilkan, maka dilakukan beberapa perubahan (*resize*) terhadap ukuran piksel citra. Tabel 5.1 merupakan hasil dari pengujian kompresi citra dengan variasi kompresi yang berbeda-beda.

Tabel 3  
Nilai Tingkat *Error* Pengukuran Luas Ubin Normal (*resize*)

Image	Resize (%)	Dimension	Size (bytes)	Luas Pengukuran (pixel)	Luas Ubin (cm <sup>2</sup> )	Tingkat Error (%)	Time (s)
resize150	150	900x1200	35300	379151,0	1346,73	0,242	0,97
resize140	140	840x1120	30268	330430,0	1257,51	0,198	0,85
resize130	130	780x1040	26931	285091,0	1168,42	0,135	0,68
resize120	120	720x960	23253	243021,0	1079,00	0,093	0,59
resize110	110	660x881	20645	204307,0	989,58	0,043	0,56
Original	100	600x800	52139	169069,0	900,79	0,088	0,50
resize90	90	540x720	14386	136931,0	810,62	0,077	0,35
resize80	80	480x640	11831	108306,0	721,31	0,182	0,30
resize70	70	420x560	9595	82968,9	631,50	0,239	0,25

Image	Resize (%)	Dimension	Size (bytes)	Luas Pengukuran (pixel)	Luas Ubin (cm2)	Tingkat Error (%)	Time (s)
resize60	60	360x480	7343	61072,6	542,32	0,429	0,20
resize50	50	300x400	5528	42489,8	452,77	0,615	0,16
resize40	40	240x320	4004	27273,9	363,28	0,912	0,12
resize30	30	180x240	2831	15427,9	274,00	1,480	0,08
resize20	20	120x160	1846	6917,4	184,28	2,376	0,09
resize10	10	60x80	1118	1766,3	94,10	4,561	0,07

Pada pengujian terhadap citra original ukuran 600 x 800 menghasilkan tingkat *error* sebesar 0,088% dengan waktu komputasi 0,50 s, untuk kompresi citra 90% atau 540 x 720 piksel menghasilkan tingkat *error* pengukuran sebesar 0,077% dengan waktu komputasi 0,35 s sedangkan pada kompresi citra 80% sampai 10% tingkat *error* pengukuran ubin cenderung lebih besar. Untuk kompresi citra sebesar 110% dengan ukuran citra 660 x 881 piksel menghasilkan tingkat *error* sebesar 0,043% lebih kecil dari ukuran citra aslinya, namun dengan perbesaran 120% sampai 150% menghasilkan tingkat *error* yang semakin besar. Pada Tabel 3 waktu komputasi perhitungan luas ubin

berkurang seiring dengan pengurangan ukuran citra, begitu juga waktu komputasi akan bertambah sering dengan perbesaran terhadap ukuran citra.

### Evaluasi Aras Keabuan (Grayscale)

Pada percobaan selanjutnya akan dilakukan kombinasi perubahan bobot variabel RGB berdasarkan standar dari NTSC. Untuk mengetahui pengaruh dari hasil konversi skala keabuan, maka akan dilakukan uji coba terhadap kombinasi dari bobot nilai RGB seperti pada Tabel 4. Asumsi yang digunakan pada percobaan ini adalah perubahan hanya dilakukan pada hasil konversi *grayscale*.

Tabel 4  
Perubahan Nilai Variabel Komponen RGB Terhadap Luas Ubin Keramik

Image	Komposisi Variabel Komponen RGB			Size (bytes)	Luas		Tingkat Error (%)	Time (s)
	R	G	B		Pixel	Cm <sup>2</sup>		
gray1	0,2989	0,5870	0,1140	15787	169076	900,83	0,092	0,49
gray2	0,2989	0,1140	0,5870	16925	169051	900,69	0,077	0,54
gray3	0,5870	0,2989	0,1140	15822	169077	900,83	0,092	0,48
gray4	0,5870	0,1140	0,2989	16236	169084	900,87	0,096	0,44
gray5	0,1140	0,2989	0,5870	16446	169059	900,74	0,082	0,49
gray6	0,1140	0,5870	0,2989	16022	169060	900,74	0,082	0,45
gray7	0,3333	0,3333	0,3333	15984	169081	900,85	0,095	0,45
rgb2gray	default			15204	169078	900,84	0,093	0,45
Original	default			52139	169069	900,79	0,088	0,50

Untuk citra *gray* hasil dari konversi dari RGB menjadi citra beraras keabuan memiliki tingkat *error* 0,077% dengan komposisi variabel bobot R = 0,2989, G=0,1140, dan B=0,5870. Sehingga untuk program untuk mengkonversi RGB menjadi *grayscale* pada Matlab digunakan perintah di bawah ini:

```
>> gray2 = (0.2989*red)+(0.1140*green)+(0.5870*blue)
```

### Citra Biner

Pada Tabel 5 menunjukkan dengan citra inputan yang sama, tetapi metode kompresi citra menjadi *grayscale* serta penentuan nilai *threshold* memberikan pengaruh terhadap tingkat *error* yang dihasilkan dan *processing time*. Pada percobaan ini didapatkan metode kompresi citra menjadi *grayscale* digunakan ekstraksi RGB dan untuk menentukan nilai

*threshold* menggunakan nilai *default* dari sistem sebesar 0,5. Sehingga dihasilkan tingkat *error* yang lebih kecil sebesar 0,075%.

### Pengaruh Kecerahan dan Kontras

Selanjutnya akan dilakukan pengujian pengaruh tingkat kecerahan dan kontras terhadap tingkat *error* pengukuran luas permukaan ubin. Pada Tabel 5.4

menunjukkan beberapa kombinasi antara tingkat kecerahan serta kontras pada citra ubin. Hasilnya dapat dilihat bahwa citra ubin dengan pengurangan tingkat kecerahan 5 menghasilkan tingkat *error* yang lebih kecil disbanding dengan citra ubin aslinya maupun citra ubin yang ditambah tingkat kecerahan, kontrasnya, maupun kombinasi dari tingkat kecerahan dan kontras.

Tabel 5  
Pengaruh Nilai *Threshold* pada Citra Biner

Image	Size (bytes)	Metode	Nilai Threshold	Luas		Tingkat Error (%)	Time (s)	Keterangan (Metode Grayscale)
				Pixel	Cm <sup>2</sup>			
Original	52139	Default	0,500	169069	900,79	0,088	0,53	rgb2gray
Original	52139	Otsu	0,475	169142	901,18	0,131	0,48	rgb2gray
Original	52139	Otsu	0,467	169151	901,23	0,136	0,77	Ekstraksi RGB
Original	52139	Default	0,500	169047	900,67	0,075	0,44	Ekstraksi RGB

### Perancangan Tampilan Antar Muka

Untuk memudahkan dalam mengetahui tingkat akurasi, khususnya tingkat *error* dari proses pengukuran, maka diperlukan sebuah

media antar muka (*interface*) yang terdapat pada menu *library* Matlab. Bentuk rancangan tampilan antarmuka bagi pengguna dapat digambarkan secara sederhana pada Gambar 5.

Tabel 6  
Pengaruh Kecerahan dan Kontras

Image	Size (bytes)	Kecerahan		Kontras	Luas		Tingkat Error (%)	Time (s)	Ket.
		+	-		Pixel	Cm <sup>2</sup>			
Original	52139	-	-	-	169069	900,79	0,088	0,53	
Original	52139	-	5	-	168873	899,74	0,028	0,42	
		5	-	-	169120	901,06	0,118	0,60	
Original	52139	-	-	2,5	1665,63	8,87	99,014	0,77	Gagal deteksi
Original	52139	-	5	2,5	170016	905,83	0,648	0,45	
		5	-		1849,5	9,85	98,905	0,43	Gagal deteksi



Gambar 4  
Tampilan GUI Program

### Desain Eksperimen

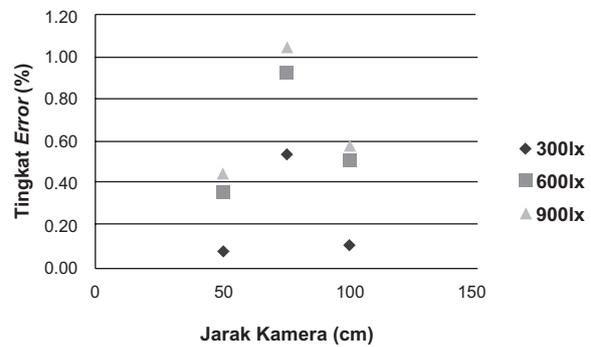
Setelah dilakukan beberapa kali studi pendahuluan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan desain eksperimen dengan menggunakan dua faktor dan tiga level dengan rincian pada Tabel 7. Tujuan dilakukan eksperimen ini adalah untuk mendapatkan nilai respon tingkat *error* yang minimal dengan melakukan perubahan intensitas cahaya dan jarak kamera. pada penelitian ini akan digunakan 27 jenis perlakuan. Berdasarkan persamaan Feeder (1995), maka didapatkan jumlah replikasi yang dilakukan minimal adalah 3.

Tabel 7  
Kode Faktor dan Level

Faktor	Level		
	-1	0	1
I Intensitas Cahaya (lx)	300	600	900
S Jarak Kamera (cm)	50	75	100

Setelah menentukan RAL maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengambilan citra berdasarkan *run order*, kemudian dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui tingkat *error* pengukuran luas dan *defect* pada ubin keramik. Gambar 5 menunjukkan persentase tingkat *error* pengukuran luas ubin tertinggi diperoleh pada intensitas cahaya 900 lx dengan jarak kamera 75 cm sebesar 1,0627%, sedangkan persentase tingkat *error* pengukuran luas ubin terendah diperoleh pada intensitas cahaya 300 lx dengan jarak 50 cm sebesar 0,0675%.

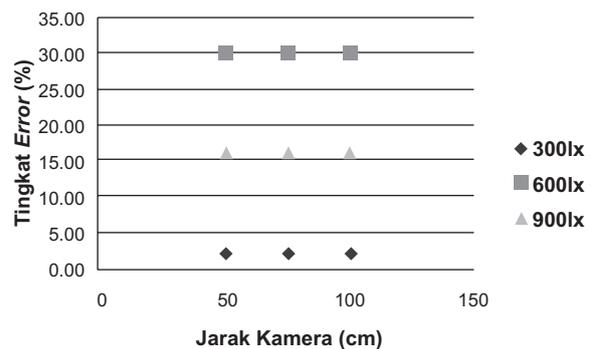
Pada Gambar 5 juga terlihat bahwa intensitas cahaya 600 lx dan 900 lx pada jarak kamera 50 cm, 75 cm, dan 100 cm menghasilkan nilai *error* perhitungan luas ubin yang semakin besar dari luas ubin sebenarnya, sehingga mengakibatkan nilai penyimpangan luas ubin lebih besar dari luas ubin secara perhitungan manual.



Gambar 5  
Grafik Pebandingan Tingkat *Error* Pengukuran Luas Ubin

Gambar 6 menunjukkan persentase tingkat *error*, pengukuran *defect* permukaan ubin jenis *dry spots* tertinggi diperoleh pada intensitas cahaya 300 lx dan 600 lx dengan kamera 75 cm sebesar 37,89%, sedangkan persentase tingkat *error* pengukuran luas ubin terkecil diperoleh pada intensitas cahaya 300 lx dengan jarak 50 cm sebesar 2,30%.

Pada Gambar 6 juga terlihat bahwa semakin tinggi intensitas cahaya dan jarak kamera maka akan menyebabkan tingkat *error* dari hasil pengukuran akan semakin besar, sehingga nilai penyimpangan diameter *dry spots* yang dilakukan pengukuran akan semakin besar dari nilai acuannya.



Gambar 6  
Grafik Pebandingan Tingkat *Error* Pengukuran *Dry Spots* (*Defect*)

### Analisis Statistik

Setelah data terkumpul dan dilakukan pengolahan data, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis statistik dari data yang diperoleh untuk mengetahui distribusi sebaran data, faktor atau variabel independen yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

### Uji Normalitas

Untuk memberikan kepastian, data yang dimiliki berdistribusi normal atau tidak, sebaiknya digunakan uji statistik normalitas. Belum tentu data yang lebih dari 30 bisa dipastikan berdistribusi normal, demikian sebaliknya data yang banyaknya kurang dari 30 belum tentu tidak berdistribusi normal, untuk itu perlu suatu pembuktian. Tabel 7 merupakan uji normal dengan menggunakan SPSS V.20.

Tabel 7  
Uji Normalitas Respon

Data	Kolmogorov-Smirnov	
	Sig.	Hasil
Tingkat <i>error</i> pengukuran luas ubin	0.221	Normal
Tingkat <i>error</i> pengukuran diameter <i>dry spots</i>	0.179	Normal

Berdasarkan Tabel 7 hasil uji normalitas didapat nilai  $P\text{-value} > \alpha$  (5%) maka dapat disimpulkan sebaran data terdistribusi normal sehingga inferensi statistik (pengambilan keputusan) dapat dilakukan dengan pengujian parametrik.

### Analysis of Variance untuk Respon Tingkat Error

Beberapa hal yang dihitung dalam ANOVA seperti *degree of freedom* (df), *sum of square* (SS), dan *mean square* (MS) serta F hitung.

$$df = n_{\text{level}} - 1 \quad (1)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2 \dots}{abn} \quad (2)$$

$$SS_A = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - \frac{y^2 \dots}{abn} \quad (3)$$

$$SS_B = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{.j}^2 - \frac{y^2 \dots}{abn} \quad (4)$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2 \dots}{abn} - SS_A - SS_B \quad (5)$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad (6)$$

$$MS = \frac{SS}{df} \quad (7)$$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{MS}{MS_E} \quad (8)$$

Dengan:

df = *degree of freedom*

SS<sub>T</sub> = *Sum of Square Total*

SS<sub>A</sub> = *Sum of Square Faktor A*

SS<sub>B</sub> = *Sum of Square Faktor B*

SS<sub>AB</sub> = *Sum of Square Interaksi Faktor AB*

SS<sub>E</sub> = *Sum of Square Error*

MS = *Mean Square*

F<sub>hitung</sub> = *Nilai F hasil perhitungan*

Berdasarkan Tabel 8 nilai Ftabel ( $\alpha$ , df1, df2) yaitu F tabel (0,05, 2, 18) untuk faktor intensitas cahaya dan jarak kamera sebesar 3,55, sedangkan hasil pengolahan data diketahui bahwa nilai F hitung sebesar 5828,65 untuk intensitas cahaya dan 3923,87 untuk jarak kamera. Selain itu F tabel (0,05, 4, 18) untuk interaksi sebesar 2,93 dan nilai F hitung sebesar 46,13. Ini berarti nilai F hitung untuk semua faktor dan interaksi tersebut  $> F$  tabel atau nilai  $P\text{-value} < (\alpha=5\%)$ , maka keputusan yang dapat diambil adalah menolak  $H_0$  ini berarti variabel intensitas cahaya dan jarak kamera maupun interaksi, secara keseluruhan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon tingkat *error* dari hasil pengukuran luas ubin. Semakin besar nilai F hitung menunjukkan semakin besar pula pengaruhnya, sehingga urutan pengaruhnya dari besar ke kecil adalah jarak kamera, intensitas cahaya, dan interaksi kedua faktor.

Tabel 8  
*Analysis of Variance* untuk Respon Tingkat *Error* Pengukuran Luas Ubin

Source	DF	SS	MS	F	P
Intensitas Cahaya	2	1,02075	0,510377	3923,87	0,00
Jarak Kamera	2	1,51626	0,758132	5828,65	0,00
Interaction	4	0,02400	0,006001	46,13	0,00
Error	18	0,00234	0,000130		
<b>Total</b>	26	2,56336			

R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,999)

Pada Tabel 9, nilai F tabel ( $\alpha$ , df1, df2) yaitu F tabel (0,05, 2, 16) untuk faktor intensitas cahaya dan jarak kamera sebesar 3,63, sedangkan hasil pengolahan data diketahui bahwa nilai F hitung sebesar 18,569 untuk intensitas cahaya dan 176,870 untuk jarak kamera. Selain itu F tabel (0,05, 3, 16) untuk interaksi sebesar 3,24 dan nilai F hitung sebesar 26,433. Ini berarti nilai F hitung untuk semua faktor dan interaksi tersebut > F tabel atau nilai P-value < ( $\alpha=5\%$ ), maka keputusan yang dapat diambil adalah

menolak  $H_0$  ini berarti variabel intensitas cahaya dan jarak kamera maupun interaksi, secara keseluruhan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon tingkat *error* dari hasil pengukuran *dry spots*.

Tabel 9 juga menunjukkan bahwa kedua faktor dan interaksi faktor berpengaruh signifikan terhadap tingkat *error* pengukuran luas ubin, di mana semakin besar nilai F hitung menunjukkan semakin besar pula pengaruhnya, sehingga urutan pengaruhnya dari besar ke kecil adalah jarak kamera, interaksi kedua faktor, dan intensitas cahaya.

Tabel 9  
*Analysis of Variance* untuk Respon Tingkat *Error* Pada Pengukuran *Dry Spots*

Source	DF	SS	MS	F	P
Intensitas Cahaya	2	0,030	0,015	18,569	0,00
Jarak Kamera	2	0,289	0,144	176,870	0,00
Interaction	3	0,065	0,022	26,433	0,00
Error	16	0,013	0,001		
<b>Total</b>	23	1,334			

R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,954)

**Analisis Korelasi**

Analisis korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Koefisien korelasi populasi  $\rho$  (*rho*) adalah ukuran kekuatan hubungan linier antara dua variabel dalam populasi sedangkan koefisien korelasi sampel *r* adalah estimasi dari  $\rho$  dan digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan linier dalam sampel observasi (Walpole dan Myers 1989). Berdasarkan Tabel 10 dan Tabel 11 dapat disimpulkan bahwa jarak kamera dengan tingkat *error* pengukuran luas ubin dan *dry spots* memiliki korelasi yang kuat dengan nilai koefisien korelasi >0,5.

Tabel 10  
 Korelasi Intensitas Cahaya, Jarak Kamera, dan Tingkat *Error* Pengukuran Luas Ubin

	Intensitas Cahaya	Jarak Kamera
Jarak Kamera	0,000 1,000	
Tingkat <i>Error</i>	0,130 0,518	0,518 0,001

Tabel 11  
 Korelasi Intensitas Cahaya, Jarak Kamera, dan Tingkat *Error* Pengukuran *Dry Spots*

	Intensitas Cahaya	Jarak Kamera
Jarak Kamera	-0,231 0,278	
Tingkat <i>Error</i>	-0,010 0,963	0,516 0,010

## SIMPULAN

Terdapat pengaruh yang signifikan faktor intensitas cahaya, jarak kamera serta interaksi kedua faktor (intensitas cahaya dan jarak kamera) terhadap persentase tingkat *error* pengukuran luas dan *defect* ubin keramik. Urutan faktor yang berpengaruh dari besar ke kecil untuk persentase tingkat *error* pengukuran luas ubin keramik yaitu jarak kamera, intensitas cahaya, dan interaksi kedua faktor (jarak kamera dan intensitas), sedangkan untuk persentase tingkat *error* pengukuran diameter *dry spots* (*defect*) urutan faktor yang berpengaruh dari besar ke kecil yaitu jarak kamera, interaksi kedua faktor (jarak kamera dan intensitas cahaya), dan intensitas cahaya.

Tingkat *error* terkecil dari pengukuran luas permukaan ubin diperoleh pada intensitas cahaya 300 lx dengan jarak 50 cm sebesar 0,0675%. Untuk tingkat *error* terkecil dari pengukuran diameter *dry spots* (*defect*) permukaan ubin diperoleh pada intensitas cahaya 300 lx dengan jarak 50 cm sebesar 2,30%. Nilai *threshold* citra biner 0,5 dengan pengurangan *brightness* sebesar 5, dengan kombinasi nilai *grayscale* untuk tingkat *error* pengukuran luas permukaan dan pengukuran diameter *dry spots* adalah  $0,2989 \times R + 0,1140 \times G + 0,5870 \times B$ .

Berdasarkan korelasi antara intensitas cahaya, jarak kamera terhadap tingkat *error* pengukuran luas ubin, maka didapat nilai koefisien korelasi Jarak Kamera dengan Tingkat *Error* memiliki nilai 0,518 yang berarti korelasi sangat kuat. Sedangkan pengaruh terhadap pengukuran cacat *dry spots* diperoleh hubungan Jarak Kamera dengan Tingkat *Error* pengukuran *dry spots* memiliki nilai 0,516 yang berarti hubungan korelasi kuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. S., Prihandoko, dan Bertalya (2010) Klasifikasi Kualitas Keramik Menggunakan Metode Deteksi Tepi Laplacian of Gaussian dan Prewitt, *Proceeding Seminar Ilmiah Nasional KOMMIT*, 27.
- Baroroh, D. K. (2014) Optimasi Proses Electrochemical Machining Pada Pembuatan Multilayered Microfilter Dengan Pendekatan *Full Factorial Design*, Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada.
- Boukouvalas, C., Kittler, J., Marik, R., Mir-mehdi, M., dan Petrou, M. (1998) Ceramic Tile Inspection for Color and Structural Defect, *I.E.E.E Transactions on Pattern Analysis and Machine Vision Intelligence*, Vol. 14, no. 1.
- Elbehiery, H., Hefnawy, A., and Elewa, M. (2005) Surface Defects Detection for Ceramic Tiles Using Image Processing and Morphological Techniques, *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol 5, pp 158-160, April 2005, ISSN 1307-6884.
- Jayabal, S., Natarajan, U., & Sekar, U. (2011) Regression Modeling and Optimization of Machinability Behavior of Glass-Coir-Polyester Hybrid Composite Using Factorial Design Methodology, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, no. 55, pp. 263-273.
- Kadir, A., dan Susanto, A. (2013) Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra, Penerbit ANDI Yogyakarta
- Pratiwi, D., Putra, A. P., Sim, P. H., dan Kartowisastro, I. H. (2014) Segmentasi Objek di bawah Pengaruh Pencahayaan, Tugas Akhir, Universitas Bina Nusantara.
- Rahman, G. M. A. and Hossain, Md. M. (2009) Automatic Defect Detection And Classification Technique From Image: A Special Case Using Ceramic Tiles, *International Journal of Computer Science and Information Security*, 1 (1).
- Wise dkk. (1990) *A Brief Introduction to Multivariate Image Analysis (MIA)*, Eigenvector Research, Inc., Umea University.