

**REKAYASA**

**LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING  
TAHUN PERTAMA 2011**



**PERANGKAT LUNAK PENGKLASIFIKASI KUALITAS UBIN  
KERAMIK PADA PROSES PENGONTROLAN KUALITAS DAN  
PENGEMASAN MENGGUNAKAN FITUR TEKSTUR**

**Ketua Peneliti :  
Dr. Bertalya, SKom., DEA.**

**Anggota Peneliti :  
Dr. Prihandoko, MIT.  
Dr. Ir. Rakhma Oktavina MT.**

---

**Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi,  
Kementerian Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan  
Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Nomor :  
087/SP2H/PL/Dit.Litabmas/IV/2011, tanggal 14 April 2011**

**UNIVERSITAS GUNADARMA**

**JAKARTA**

**Desember 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. **Judul** : Perangkat Lunak Pengklasifikasi Kualitas Ubin Keramik pada Proses Pengontrolan Kualitas dan Pengemasan Menggunakan Fitur Tekstur
2. **Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap : Dr. Bertalya, SKom., DEA.
  - b. Jenis Kelamin : P.
  - c. NIP : 920312
  - d. Jabatan Fungsional : Lektor
  - e. Jabatan Struktural : -
  - f. Bidang Keahlian : Teknologi Informasi
  - g. Fakultas/Jurusan : Ilmu Komputer dan TI./ Sistem Informasi
  - h. Perguruan Tinggi : Universitas Gunadarma
  - i. Tim Peneliti :

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Dr. Prihandoko, MIT.	Teknologi Informasi	Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi	Universitas Gunadarma
2.	Dr. Ir. Rakhma Oktavina, MT.	Teknik Industri	Fakultas Teknologi Industri	Universitas Gunadarma

3. **Pendanaan dan jangka waktu penelitian**

- Jangka waktu penelitian : 2 tahun
- Biaya total yang diusulkan : Rp. 95.675.000,-
- Biaya yang disetujui tahun I : Rp. 32.500.000,-

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan TI



Prof. Syahbuddin Ph.D.  
NIP. 990202

Depok, 01 Desember 2011

Ketua Peneliti

Dr. Bertalya, SKom., DEA.  
NIP. 920312

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian



Dr. Ir. Hotniar Siringoringo, MSc.  
NIP. 910177

## RINGKASAN DAN SUMMARY

Proses pengontrolan kualitas ubin keramik pada proses produksi dan pengemasan industri pembuatan ubin keramik masih dilakukan secara konvensional. Penentuan kualitas keramik yang baik maupun yang kurang baik dilakukan secara visual menggunakan mata manusia. Seorang manusia, tanpa bekal pengetahuan khusus, hanya dengan bermodalkan pengalaman dan sedikit pengetahuan dapat mengetahui cacat yang terdapat pada sebuah keramik. Cacat pada suatu keramik dapat dilihat dari permukaan keramik itu sendiri atau dari sisi-sisi keramik itu sendiri yang tidak simetris. Selain itu dapat dilihat pula dari pola atau corak yang kurang baik atau warna yang kurang bagus. Akan tetapi kelelahan pada mata manusia dapat menyebabkan pemisahan kualitas ubin keramik dilakukan secara sembarangan.

Suatu ubin keramik dapat diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas yang tidak sesuai dengan yang seharusnya. Hal ini dapat menyebabkan kerugian dan dapat menghilangkan kepercayaan dari para pelanggan. Untuk itulah perlu dibuat suatu perangkat lunak yang dapat membantu proses pengontrolan kualitas dan pengemasan secara otomatis. Perangkat lunak ini melakukan pengklasifikasian kualitas ubin keramik berdasarkan pola dan corak dari keramik dengan menggunakan fitur tekstur dari citra ubin keramik.

Pada penelitian ini tidak hanya menggunakan fitur tekstur tapi juga fitur bentuk. Metode yang digunakan adalah metode pada pengolahan citra terdiri atas proses *grayscale*, perhitungan *gradient magnitude*, deteksi tepi, dilasi, binerisasi, dan *filling*. Pada proses yang menggunakan fitur tekstur, proses yang dilakukan hampir sama dengan proses pada tahap identifikasi cacat menggunakan fitur bentuk. Perbedaannya terletak pada ekstraksi fitur tekstur secara statistik setelah proses perhitungan *gradient magnitude* dan deteksi tepi. Setelah proses deteksi tepi dilakukan perhitungan fitur tekstur statistik dengan menghitung *mean*, *standar deviasi* dan *entropy*.

Hasil identifikasi yang diperoleh tidak terlalu jauh antara penggunaan fitur bentuk dan fitur tekstur. Pada proses identifikasi terhadap 350 citra keramik dengan menggunakan fitur bentuk tingkat keberhasilan yang dicapai hanya sebesar 64.57 %, sedangkan dengan fitur tekstur mencapai 63.71 %.

## PRAKATA

Penelitian mengenai perangkat lunak pengklasifikasi kualitas ubin keramik pada proses pengontrolan kualitas dan pengemasan menggunakan fitur tekstur pada tahun pertama ini telah selesai dilakukan.

Pada tahun pertama, penelitian ini telah dapat menghasilkan sebuah database yang berisikan 450 citra keramik dengan berbagai motif yang dipotret secara digital dari PT Keramika Indonesia Asosiasi. Data citra keramik ini telah diproses dengan teknik pengolahan citra untuk mengidentifikasi sebagian jenis cacat pada keramik.

Penelitian tahun pertama ini dapat diselesaikan berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih setinggi-tingginya kepada :

1. Pimpinan Dit. Litabmas, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dukungan dana melalui dana Penelitian Hibah Bersaing.
2. Rektor Universitas Gunadarma yang telah memberikan fasilitas pendukung berupa komputer, sambungan internet, ruang kerja serta fasilitas lainnya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
3. Pembantu Rektor IV Universitas Gunadarma yang telah memberikan dukungannya demi kelancaran penelitian ini.
4. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Gunadarma atas dukungan dan dorongan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
5. Para Reviewer yang telah memberikan kritikan dan saran yang sangat berharga bagi penyelesaian penelitian ini.
6. Manager Bagian Produksi PT Keramika Indonesia Asosiasi, Cileungsi, Jawa Barat yang telah menyediakan waktu untuk berdiskusi dan memberikan data yang dibutuhkan.
7. Bapak Andre yang telah membantu dalam proses pemotretan ubin keramik secara digital.

8. Anggota Peneliti1 dan Anggota Peneliti2 yang telah menyumbangkan ide, pikiran dan tenaganya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini tepat pada waktunya.
9. Para mahasiswa yang ikut terlibat dalam pengambilan data sampai dengan pengolahan citra sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dan memberikan hasil sesuai dengan target yang ingin dicapai pada tahun pertama ini.

Akhirnya, saya dan para anggota peneliti, dengan tangan terbuka, menerima saran untuk menyempurnakan hasil penelitian ini sehingga bermanfaat bagi masyarakat luas khususnya pihak industri.

Depok, Desember 2011

Ketua Peneliti

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
<b>A. LAPORAN HASIL PENELITIAN</b>	
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Khusus	2
1.3. Urgensi Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Ekstraksi Fitur	5
2.1.1. Fitur Tesktur	6
2.1.2. Fitur Bentuk Objek	6
2.2. Implementasi Ekstraksi Fitur Tekstur	7
2.3. Implementasi Ekstraksi Fitur Bentuk	8
2.4. Pembuatan Database Citra	8
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
3.1. Tujuan Penelitian	10
3.2. Manfaat Penelitian	11
BAB IV METODE PENELITIAN	12
4.1. Tahap Analisis	13
4.1.1. Tahap Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Bentuk	15
4.1.1.1. Proses <i>Grayscale</i>	15

4.1.1.2. Proses Perhitungan <i>Gradient Magnitude</i>	16
4.1.1.3. Proses Deteksi Tepi	16
4.1.1.4. Proses Dilasi	17
4.1.1.5. Proses Binerisasi	17
4.1.1.6. Proses <i>Filling</i>	17
4.1.2. Tahap Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Tekstur	18
4.1.2.1. Ekstraksi Fitur Tekstur Statistik	19
4.1.2.2. Perhitungan Euclidean Distance	20
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	21
5.1. Hasil Pengambilan Citra Digital Ubin Keramik	22
5.2. Hasil Proses <i>Grayscale</i>	23
5.3. Hasil Proses Perhitungan <i>Gradient Magnitude</i>	24
5.4. Hasil Proses Deteksi Tepi	24
5.5. Hasil Proses Dilasi	25
5.6. Hasil Proses Binerisasi	25
5.7. Hasil Proses <i>Filling</i>	26
5.8. Hasil Penentuan Kualitas Berdasarkan Fitur Bentuk	26
5.9. Hasil Penentuan Kualitas Berdasarkan Fitur Tekstur Statistik	36
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	43
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	44
<b>LAMPIRAN</b>	L1-L65

## **B. DRAF ARTIKEL ILMIAH**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Cacat pada Ubin Keramik	7
Gambar 2.2. a. Citra Keramik Original; b Cacat pada Citra Keramik Original	8
Gambar 4.1. Siklus Perancangan Perangkat Lunak	12
Gambar 4.2. Proses Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Bentuk	15
Gambar 4.3. Proses Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Tekstur	18
Gambar 5.1. Beberapa Jenis Keramik	21
Gambar 5.2. Beberapa Keramik Hasil Pemotretan	22
Gambar 5.3. a. Citra Digital, b. Citra Hasil <i>Preprocessing</i>	23
Gambar 5.4. Citra Hasil <i>Grayscale</i>	23
Gambar 5.5. Citra Setelah Operasi <i>Gradient Magnitude</i>	24
Gambar 5.6. Citra Setelah Proses Deteksi Tepi	24
Gambar 5.7. Citra Setelah Proses Dilasi	25
Gambar 5.8. Citra Setelah Binerisasi	25
Gambar 5.9. Citra Hasil Proses <i>Filling</i>	26
Gambar 5.10. Citra Sudah Diberi Label	27

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 5.1. Hasil Nilai Representasi Region dan Penentuan Kualitas	28
Tabel 5.2. Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 25 x 20	35
Tabel 5.3. Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 40 x 40	35
Tabel 5.4. Hasil Identifikasi Semua Ukuran Keramik	36
Tabel 5.5. Hasil Ekstraksi Fitur Tekstur Statistik	37
Tabel 5.6. <i>Range</i> Kualitas Keramik Ukuran 25cm x 20cm	40
Tabel 5.7. <i>Range</i> Kualitas Keramik Ukuran 40cm x 40cm	40
Tabel 5.8. Hasil Uji Keramik	41
Tabel 5.9 Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 25cm x 20cm	42
Tabel 5.10. Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 40cm x 40cm	42

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A1. Spesifikasi Cacat dari PT. KIA	L1
Lampiran A2. Hasil Identifikasi Cacat Bentuk Pada 100 Citra	L5
Lampiran A3. Tabel Hasil Penentuan Kualitas Keramik pada 100 Citra	L18
Lampiran A4. Hasil Ekstraksi Fitur Tekstur Statistik pada 350 Citra	L29
Lampiran A5. Judul Skripsi Mahasiswa	L38
Lampiran A6. <i>Curriculum Vitae</i>	L40

# **BAB I. PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang**

Kebutuhan akan sarana perumahan di Indonesia sudah semakin meningkat. Seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia dan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan penduduk terutama di aspek tempat tinggal, tentunya mendorong pembangunan sarana perumahan dengan kualitas yang lebih baik. Hal ini memicu produksi ubin keramik sebagai salah satu komponen pelengkap dalam pembangunan sarana perumahan menjadi meningkat dengan tajam.

Ubin keramik yang digunakan tidak hanya diperoleh dari luar negeri seperti Cina, Taiwan, atau negara lainnya tapi juga hasil produksi dalam negeri. Pemanfaatan potensi sumber daya alam yang tersedia di Indonesia dan penyerapan teknologi yang semakin dipermudah, memungkinkan produksi ubin keramik ikut bersaing dalam memenuhi kebutuhan pembangunan sebuah rumah.

Industri ubin keramik di Indonesia pun mulai mengeliat dengan bermunculan pabrik-pabrik industri ubin keramik dari tingkat rumahan sampai tingkat industri pabrik, seperti misalnya Arwana, Asia Tile, Mulia, KIA, Roman, dan lain-lain.

Pada proses produksi dan pengemasan di pabrik pembuatan ubin keramik, keramik-keramik dibedakan berdasarkan motif, warna dan yang terpenting kualitas. Pada kenyataannya, proses pemisahan kualitas keramik, khususnya pabrik di Indonesia masih dilakukan secara konvensional menggunakan mata manusia. Mata manusia mempunyai keterbatasan dan kelelahan. Hal ini dapat mempengaruhi hasil pemisahan kualitas keramik. Mata yang lelah dapat menyebabkan kesalahan pada waktu mendeteksi cacat yang ada pada suatu ubin keramik.

Berdasarkan hasil analisis di tahun pertama dengan pengamatan langsung ke pabrik pembuatan ubin keramik PT Keramika Indonesia Asosiasi (KIA), jalan Cileungsi, Jawa Barat, diperoleh keadaan yang sebenarnya bahwa PT. KIA yang memproduksi ubin keramik merek KIA dan Impreso masih menggunakan mata manusia untuk mengetahui cacat dan menentukan kualitas suatu keramik.

Untuk itulah, akan dibuat suatu perangkat lunak yang dapat membantu proses pendeteksian cacat dan penentuan kualitas suatu ubin keramik berdasarkan cacat yang berhasil dideteksi dengan teknik pengolahan citra.

## **1.2. Tujuan Khusus**

Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan dalam dua tahun. Penelitian pada tahun pertama menekankan pada proses analisis yang bertujuan untuk mengetahui proses sebenarnya pada proses pengontrolan kualitas dan pengemasan suatu ubin keramik, telah dilaksanakan dengan pengamatan langsung ke ke pabrik pembuatan ubin keramik PT Keramika Indonesia Asosiasi (KIA), jalan Cileungsi, Jawa Barat. Selain itu telah berhasil diperoleh ratusan citra ubin keramik dengan berbagai motif dari yang berkualitas baik sampai dengan kualitas yang kurang baik. Proses pendahuluan telah dilakukan untuk mendeteksi cacat sesuai dengan spesifikasi cacat yang dikeluarkan dari pabrik PT KIA itu sendiri. Ada 29 jenis cacat yang dikeluarkan oleh PT KIA, tetapi baru 7 jenis cacat yang dapat dideteksi dengan teknik pengolahan citra.

Penelitian pada tahun kedua ini bertujuan untuk menghasilkan perangkat lunak dengan mengembangkan proses pendeteksian yang telah dilakukan pada tahun pertama. Secara rinci, tahap-tahap penelitian yang dilakukan pada tahun kedua bertujuan untuk :

1. menganalisis kembali hasil penelitian yang diperoleh pada tahun pertama. Untuk memperluas area citra keramik yang akan diproses, maka akan dilakukan pengambilan citra keramik kembali ke PT. KIA
- 2 memperbaiki kualitas citra keramik sehingga dapat meningkatkan akurasi pada proses pengolahan citra
3. melanjutkan proses pendeteksian cacat yang baru sebagian dilakukan dengan proses pengolahan citra berdasarkan spesifikasi cacat yang diberikan oleh PT KIA.
4. melanjutkan proses pembuatan perangkat lunak dengan proses klasifikasi berdasarkan hasil proses pendeteksian cacat. Proses klasifikasi dilakukan dengan membandingkan tekstur yang diperoleh dari hasil segmentasi. Pengembangan

perangkat lunak pengklasifikasi citra keramik ini menggunakan aplikasi MATLAB versi 7, bahasa pemrograman Java dan aplikasi MySQL.

Dari hasil penelitian ini, diharapkan akan diperoleh produk perangkat lunak yang betul-betul dapat membantu pekerjaan pada proses pengontrolan kualitas dan pengemasan pada industri ubin keramik.

### **1.3. Urgensi Penelitian**

Di Indonesia, jenis keramik yang beredar di pasaran dikenal dengan istilah KW1, KW2, KW3 atau KW4 yang mengacu pada ketepatan ukuran keramik dan keseragaman warna. Perbedaan ini bisa terjadi karena proses produksi dan pembakaran (Anonim1, 2010). Pengelompokkan ini dilakukan pada proses pengontrolan kualitas dan pengemasan.

Kualitas yang kurang baik pada suatu ubin keramik dapat dilihat dari permukaan keramik itu sendiri atau dari sisi-sisi keramik itu sendiri yang tidak simetris. Selain itu dengan melihat pola atau corak yang kurang baik ataupun warna yang kurang bagus (Anonim2, 2010).

KW1 adalah jenis ubin keramik dengan kualitas yang terbaik. Sudut-sudut keramik pada jenis KW1 benar-benar siku dan perbedaan ukuran antar keramik kurang dari 1 mm. Warna pun hampir persis sama. KW2 merupakan kualitas yang kedua. Sudut-sudut keramik tidak benar benar presisi. Ukuran pun bisa selisih sampai 2 mm karena sisi keramik yang agak melengkung. KW3 mempunyai sisi keramik banyak yang menggelembung. Selisih ukuran bisa mencapai 3 mm atau lebih. KW4 merupakan jenis ubin keramik dengan kualitas di bawah KW3 (Anonim2, 2010). Keramik dengan kualitas KW4 ini merupakan hasil produksi yang dibuang. Akan tetapi ada beberapa toko yang menjual jenis ini untuk memenuhi kebutuhan rakyat kecil.

Kenyataan yang ada, berdasarkan pengamatan langsung ke pabrik pembuatan ubin keramik PT Keramika Indonesia Asosiasi (KIA), jalan Cileungsi, Jawa Barat, pemisahan kualitas ubin keramik yang baik dan yang kurang baik pada proses

produksi suatu keramik dilakukan secara visual menggunakan mata manusia. Seorang manusia, tanpa berbekal pengetahuan khusus, hanya dengan bermodalkan pengalaman dapat mengetahui cacat yang terdapat pada sebuah ubin keramik. Akan tetapi kelelahan pada mata manusia dapat menyebabkan pemisahan kualitas keramik secara sembarangan. Lingkungan pabrik yang panas menimbulkan ketidaknyamanan sewaktu dibutuhkannya konsentrasi pada saat pendeteksian cacat. Suatu ubin keramik dapat diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas yang tidak sesuai dengan yang seharusnya. Hal ini dapat menyebabkan kerugian jika suatu ubin keramik ditempatkan pada kategori dengan kualitas yang lebih rendah. Ataupun jika suatu ubin keramik ditempatkan pada kategori kualitas yang lebih tinggi, tentunya akan menimbulkan efek ketidakpercayaan dari para pelanggan.

Pekerjaan pemisahan kualitas keramik pada proses produksi pembuatan keramik tentunya akan terbantu dengan pendeteksian cacat pada keramik secara otomatis dan tanpa kenal lelah. Berbagai penelitian telah dilakukan antara lain Elbehiery et al. (2005) yang mendeteksi jenis cacat *long crack*, *crack*, *blob*, *pin-hole* dan *spot* menggunakan operasi morfologi. Ghazvini et al. (2007) mendeteksi cacat menggunakan transformasi Wavelet dan fitur statistik. Atiqur and Mobarak (2009) yang berhasil mendeteksi jenis cacat *crack*, *pin-hole*, *Blob*, *spot*, *corner*, dan *edge* dalam waktu yang singkat dibandingkan dengan metode yang telah ada.

Perangkat lunak yang dibuat pada penelitian ini direncanakan tidak hanya dapat mendeteksi jenis cacat yang telah disebutkan sebelumnya tetapi semua jenis cacat sebanyak 29 kategori yang telah dideskripsikan oleh PT. KIA itu sendiri. Dengan demikian, perangkat lunak ini dapat secara akurat menentukan jenis kualitas keramik berdasarkan cacat yang dideteksi.

## **BAB II. STUDI PUSTAKA**

Secara umum (Long et al., 2003), konten dari citra dapat dibedakan atas konten visual dan konten semantik. Konten visual juga dapat dibedakan atas konten visual umum dan konten visual dengan domain spesifik. Konten visual yang umum, diperoleh atau diturunkan dari citra itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah warna, tekstur, bentuk objek, keterhubungan spasial, dan lain-lain. Konten visual dengan domain spesifik, misalnya pengenalan wajah, bergantung pada domain pengetahuan tertentu. Konten semantik diperoleh dari anotasi tekstual atau prosedur inferensi kompleks berdasarkan konten visual.

Deskriptor konten visual dari suatu citra dapat merupakan deskriptor konten visual global atau lokal (Long et al., 2003; Muller et al., 2004). Deskriptor konten visual global merupakan hasil ekstraksi citra menggunakan fitur visual terhadap citra secara keseluruhan, sedangkan deskriptor konten visual lokal menggunakan fitur visual lokal hanya pada area-area tertentu atau objek-objek tertentu pula. Untuk memperoleh deskriptor konten visual lokal secara sederhana, suatu citra dibagi-bagi atas beberapa bagian atau mempartisi citra atas blok-blok area dengan ukuran dan bentuk yang sama atau disebut juga segmentasi area. Cara yang lebih kompleks dalam membagi suatu citra adalah proses untuk mendapatkan objek pada citra yang mempunyai arti tertentu dengan menggunakan segmentasi objek.

### **2.1. Ekstraksi Fitur**

Ekstraksi fitur merupakan proses perhitungan dan ekstraksi fitur-fitur suatu citra, yang direpresentasikan dengan vektor fitur multi-dimensional. Untuk merepresentasikan suatu citra dengan menggunakan konten visual secara tepat perlu diperhatikan fitur-fitur visual yang tepat, antara lain warna, tekstur, bentuk objek dan keterhubungan spasial. Pada bab ini hanya diuraikan fitur tekstur dan bentuk.

### 2.1.1. Fitur Tekstur

Fitur tekstur pada metode *retrieval* citra berbasis konten dapat digunakan dengan dua tujuan (Wei et al., 2005) yakni pertama, suatu citra dapat dilihat sebagai suatu mozaik dari area-area tekstur yang berbeda-beda, dimana area-area ini dapat digunakan sebagai contoh dalam pencarian area yang sama atau mirip. Kedua, tekstur dapat digunakan secara otomatis untuk menganalisis konten citra. Fitur tekstur dapat diekstrak secara struktural atau statistik (Gonzales, and P. Wintz, 1987; Gonzales, R.E. Woods, and S.L. Eddins. 2005; Long et al., 2003; Wei et al., 2005). Secara struktural, tekstur suatu citra digambarkan dengan mengidentifikasi aturan penempatan, metodenya terdiri dari *morphological operator* atau *adjacency graph*.

Secara statistik dengan menganalisa distribusi statistik dari intensitas citra, termasuk *Fourier power*, *co-occurrence matrice*, *Tamura feature* (terdiri dari *coarseness*, *contrast*, *directionality*, *linelikeness*, *regularity*, dan *roughness*), *Wold decomposition* (terdiri atas *harmonic*, *evanescent*, dan *indeterministic*), *Markov random field*, *Fractal Model* dan *Gabor & Wavelet filtering*. Selain itu fitur tekstur (Gonzales and Wintz 1987; Gonzales et al, 2005) terdiri atas *mean*, *standard deviation*, *third moment*, and *smoothness*.

### 2.1.2. Fitur Bentuk Objek

Dibandingkan dengan fitur warna dan tekstur, biasanya fitur bentuk objek digunakan setelah citra disegmentasi ke beberapa area atau objek. Beberapa aplikasi menggunakan fitur warna dan tekstur untuk mendapatkan hasil segmentasi yang akurat (Mattie et al., 2000).

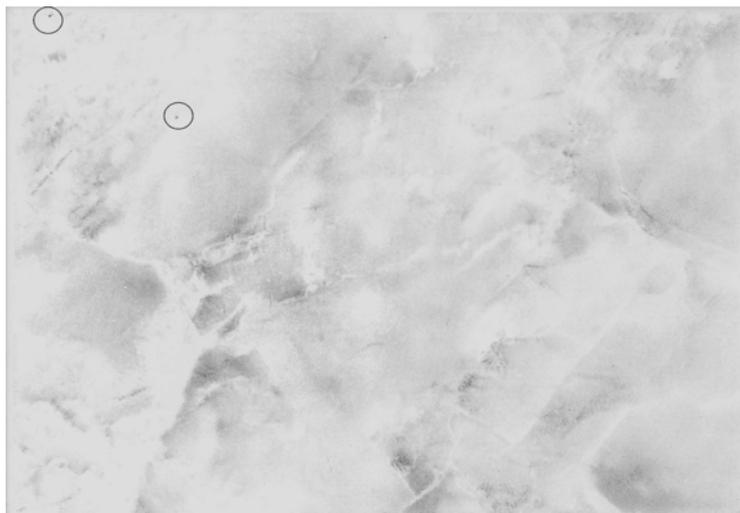
Metode yang digunakan untuk mendeskripsikan fitur bentuk objek dapat dibedakan atas dua kategori (Long et al., 2003) yakni metode *boundary-based* termasuk *Polygonal approximation*, *finite element models*, *Fourier-based*, *shape region-based.*, dan metode *region-based*, misalnya *statistik moments*.

## 2.2. Implementasi Ekstraksi Fitur Tekstur

Ekstraksi fitur tekstur digunakan pula dalam pembuatan database mengenai citra Ultrasound mengenai perkembangan janin. (Bertalya, 2007). Penelitian ini bertujuan mendokumentasikan citra-citra Ultrasound mengenai perkembangan janin berikut dengan hasil ekstraksi tekstur dan penjelasan singkat mengenai usia janin. Fitur tekstur yang digunakan adalah *mean*, *standard deviation*, *third moment*, *smoothness*, *uniformity* dan *entropy* (Gonzales et al, 2005).

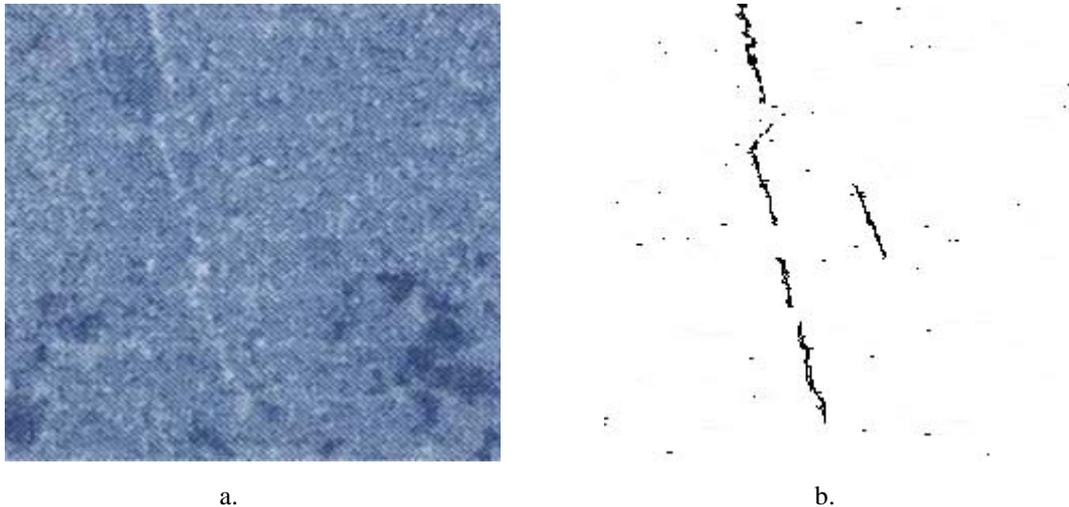
Fitur tekstur yang sama yakni *mean*, *standard deviation*, *third moment*, *smoothness*, *uniformity* dan *entropy* digunakan juga sebagai parameter dalam pengklasifikasian citra X-ray organ tubuh secara lokal. Akan tetapi hanya kombinasi tekstur *third moment+entropy* yang memberikan hasil *recognition rate* yang signifikan. Hasil *recognition rate* yang diperoleh untuk 35 citra X-ray yang diperbandingkan dengan 8 citra X-ray sebagai referensi sebesar 40% (Bertalya, 2008). Hasil *recognition rate* berdasarkan ekstraksi fitur kombinasi *third moment+entropy* inipun diperbaiki hanya untuk 25 citra X-ray menjadi 56% (Bertalya, 2010).

Proses ekstraksi fitur tekstur untuk mendeteksi cacat pada ubin keramik pernah dilakukan oleh Novak (2003). Teknik analisis yang digunakan berdasarkan operator *Local Binary Pattern*. Gambar 1 berikut ini menampilkan cacat yang terdapat pada ubin keramik.



Gambar 2.1. Cacat pada Ubin Keramik. Sumber : Novak (2003)

Penelitian yang sejenis dilakukan pula oleh Elbehiery (2005) yang menggabungkan teknik pemrosesan citra dan operasi morfologi sehingga dapat dideteksi cacat pada ubin keramik seperti terlihat pada Gambar 2.2 a dan b.



a. b.  
Gambar 2.2. a. Citra Keramik Original. b. Cacat pada Citra Keramik Original (a)  
Sumber : Elbehiery (2005)

### 2.3. Implementasi Ekstraksi Fitur Bentuk

Fitur bentuk yang diperoleh dari proses segmentasi pada pengolahan citra diimplementasikan pada proses pengklasifikasian citra X-ray (Bertalya & Prihandoko, 2010). Kontur dari bentuk objek pada citra X-ray merupakan parameter penting pada pengklasifikasian citra X-ray. Pendekatan grid digunakan untuk menyederhanakan bentuk objek yang detail menjadi lebih sederhana sehingga dapat digunakan sebagai pembanding pada proses pencocokan untuk menentukan kelas objek citra X-ray.

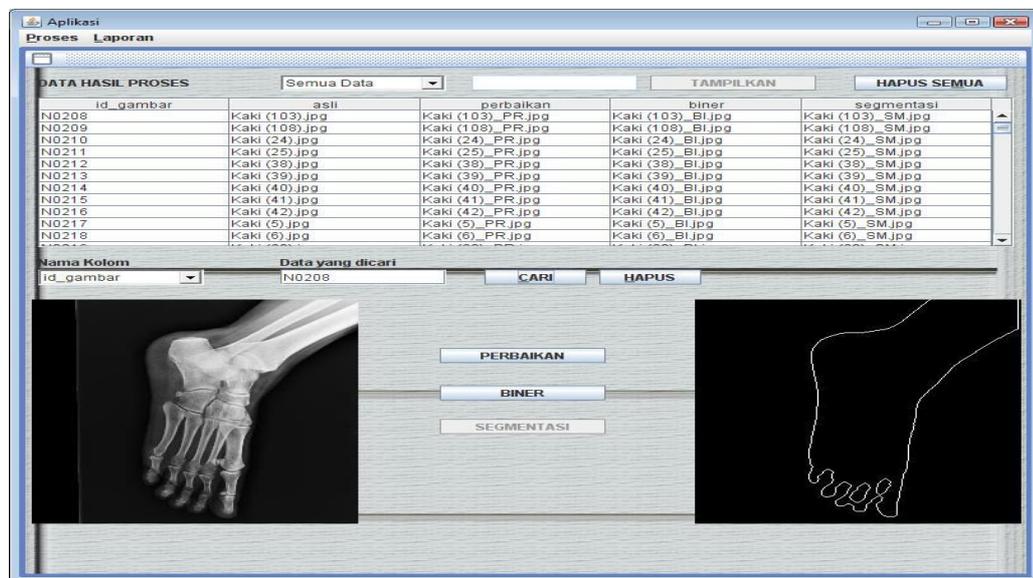
### 2.4. Pembuatan Database Citra

Pembuatan database citra tidak hanya bertujuan untuk mengumpulkan citra-citra mengenai suatu objek tertentu di dalam suatu tempat, tetapi bertujuan sebagai referensi yang dapat digunakan sebagai pembanding dalam proses pengklasifikasian citra atau sebagai objek pembelajaran yang menarik.

Salah satu penelitian mengenai pembuatan database yang pernah dilakukan adalah pembuatan database mengenai citra Ultrasound berikut dengan hasil ekstraksi

fitur tekstur serta informasi secara umum mengenai citra tersebut (Bertalya, 2007). Database ini bertujuan untuk mendokumentasikan citra Utrasound berikut penjelasan singkat mengenai perkembangan janin, yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa kebidanan.

Pembuatan database inipun diperlukan dalam proses pengklasifikasian citra X-ray organ tubuh manusia. Baik sebagai media yang menyimpan citra-citra X-ray dari organ tubuh manusia seperti kepala, leher, paru-paru, tangan, kaki dan lain-lain, tetapi juga mendokumentasikan hasil ekstraksi fitur tekstur maupun fitur bentuk yang digunakan sebagai parameter dalam proses pengklasifikasian, dapat dilihat Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tampilan dari Database Citra X-ray

## **BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

Proses pengklasifikasian atau penentuan kualitas suatu keramik pada proses produksi membutuhkan perangkat lunak yang dapat secara otomatis mengidentifikasi keberadaan cacat pada permukaan atau pada sisi lain dari suatu ubin keramik. Hal ini tentunya dapat membantu pekerjaan dalam pengemasan hasil produksi keramik secara lebih cepat dan akurat.

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Penelitian pada tahun pertama menekankan pada proses analisis yang bertujuan untuk mengetahui proses sebenarnya pada proses pengontrolan kualitas dan pengemasan suatu ubin keramik. Selain itu juga bertujuan untuk mendokumentasikan citra dari berbagai macam jenis keramik dengan berbagai kualitas untuk digunakan sebagai data uji pada penelitian ini.

Penelitian ini telah dilaksanakan dengan pengamatan langsung ke ke pabrik pembuatan ubin keramik PT Keramika Indonesia Asosiasi (KIA), jalan Cileungsi, Jawa Barat. Pada tahap awal telah berhasil diperoleh ratusan citra ubin keramik dengan berbagai motif dari yang berkualitas baik sampai dengan kualitas yang kurang baik. Proses pendahuluan telah dilakukan untuk mendeteksi cacat sesuai dengan spesifikasi cacat yang dikeluarkan dari pabrik PT KIA itu sendiri. Ada 29 jenis cacat yang dikeluarkan oleh PT KIA, tetapi baru 7 jenis cacat yang dapat dideteksi dengan teknik pengolahan citra.

Hasil penelitian pada tahun pertama ini, diharapkan akan diperoleh kumpulan citra keramik dengan hasil identifikasi cacat yang terdapat pada masing-masing keramik. Rencananya pada penelitian tahun kedua, berdasarkan hasil identifikasi cacat akan dilakukan proses pengklasifikasian ke dalam klas kualitas keramik KW1, KW2, KW3, atau KW4.

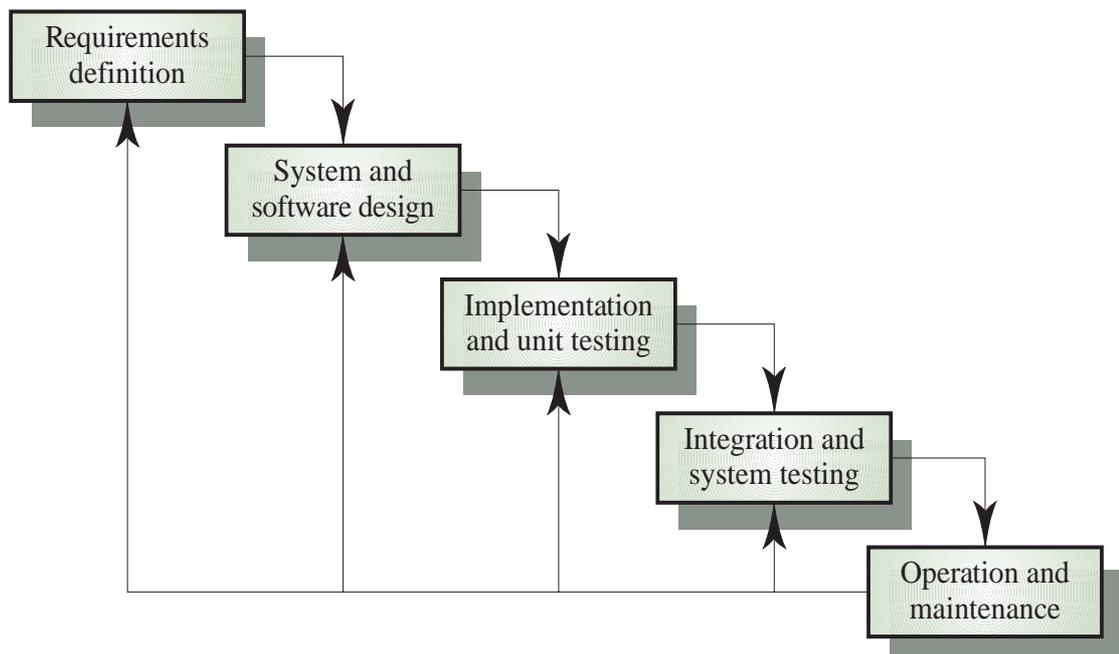
### **3.2. Manfaat Penelitian**

Kumpulan citra keramik dengan hasil identifikasi cacat yang terdapat pada masing-masing keramik dapat digunakan untuk proses pengklasifikasian ke dalam klas kualitas keramik KW1, KW2, KW3, atau KW4 dengan menggunakan teknik pengolahan citra. Hasil penelitian ini diharapkan akan membentuk suatu perangkat lunak yang dapat membantu pekerjaan pengontrolan kualitas keramik dalam proses produksi ubin keramik.

Akan tetapi, penelitian ini terhenti dikarenakan tidak mendapatkan dana lanjutan.

## BAB IV. METODE PENELITIAN

Metode pembuatan perangkat lunak ini diambil dari (Pressman, 2005), seperti terlihat pada Gambar 4.1. terdiri atas tahap analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, pengintegrasian sistem dan pengoperasian. Tahap pertama tahap investigasi awal dan analisis, investigasi ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai permasalahan yang dihadapi dalam proses pengklasifikasian kualitas ubin keramik terutama pada proses pengontrolan kualitas dan pengemasan pada industri ubin keramik. Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai kebutuhan pemakai terhadap perangkat lunak pengklasifikasi kualitas ubin keramik. Tingkat kebutuhan yang dimaksud adalah lingkup dan kedalaman dari perangkat yang dibutuhkan yang dapat membantu mereka dalam melakukan proses pengklasifikasian kualitas ubin keramik.



Gambar 4.1. Siklus Perancangan Perangkat Lunak  
Sumber : Pressman (2005)

Tahap kedua adalah tahap *design* (perancangan). Pada tahap ini sebuah rancangan dari perangkat lunak yang akan dibangun diselesaikan. Rancangan yang dihasilkan berisi diagram alur data, struktur database, tampilan input, tampilan output.

Tahap ketiga adalah tahap *implementation* atau *coding*. Berdasarkan rancangan sistem yang diperoleh pada tahap kedua, dibuatlah aplikasinya dengan menggunakan bahasa pemrograman dan perangkat lunak pendukung lainnya.

Tahap keempat adalah *integration and testing*. Pada tahap ini perangkat lunak yang dihasilkan dari tahap ketiga akan diintegrasikan dengan database kemudian dilakukan pengujian untuk mengecek dan melihat aplikasi yang dihasilkan dari tahap *coding*. Pengguna akan memberikan komentar dan masukan untuk perbaikan sistem. Jika masukan dari pengguna perlu diakomodasi, maka proses akan kembali ke tahap ketiga untuk dilakukan analisis kembali, dilanjutkan dengan perbaikan rancangan sistem, dan perbaikan program.

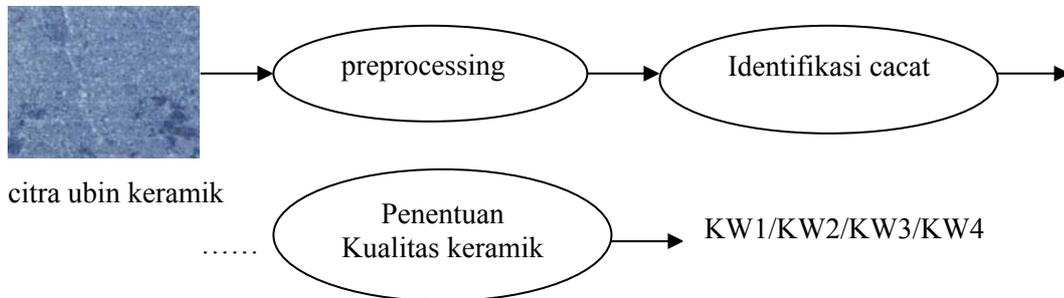
Tahap kelima, jika sudah tidak ada masalah, dilakukan tahap konstruksi final. Pada tahap ini dilakukan finalisasi proses *coding* dan pengoperasian dari perangkat lunak pengklasifikasi ubin keramik pada keadaan yang sebenarnya.

#### **4.1. Tahap Analisis**

Pada tahap analisis dilakukan pengamatan langsung ke pabrik pembuatan ubin keramik sehingga dapat diketahui proses pengontrolan kualitas keramik yang sebenarnya pada waktu proses produksi sedang berjalan. Wawancara terhadap petugas atau pekerja di pabrik dilakukan pula untuk mengetahui permasalahan yang timbul pada proses pengontrolan kualitas keramik dan kebutuhan untuk penyelesaian permasalahan yang ada. Selain itu dilakukan pula pengambilan citra ubin keramik secara digital untuk disimpan di database citra keramik. Citra ubin keramik ini akan digunakan sebagai citra uji dan juga citra referensi dalam proses pengklasifikasian ubin keramik.

Selanjutnya pada tahap analisis ini dilakukan proses pengolahan citra untuk mengekstrak fitur tekstur yang digunakan sebagai parameter pengklasifikasi citra keramik. Dikarenakan fitur tekstur tidak mencukupi sebagai parameter pengklasifikasi

maka diekstraksi pula fitur bentuk dari objek cacat pada ubin keramik. Tahap ini digambarkan pada skema Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Skema Proses Pengklasifikasian Ubin Keramik

Gambar 4.2. mengilustrasikan proses pengklasifikasian dari ubin keramik yang terdiri atas preprocessing, identifikasi cacat serta proses penentuan kualitas keramik berdasarkan cacat yang dapat diidentifikasi sehingga diperoleh jenis kualitas ubin keramik.

Proses preprocessing dilakukan dengan meningkatkan kualitas intensitas citra ubin keramik menggunakan teknik FFT.

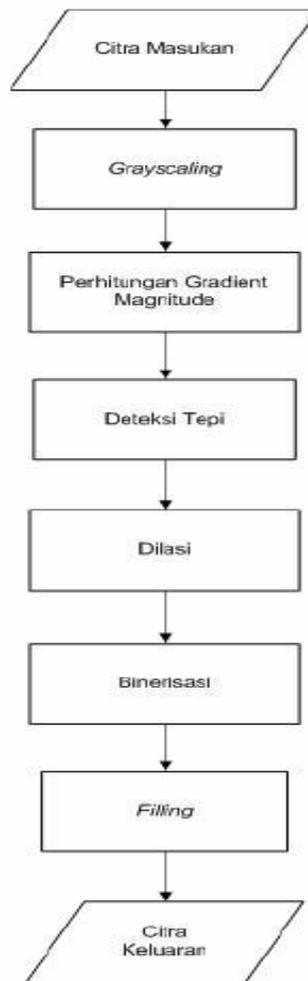
#### 4.1.1. Tahap Identifikasi Cacat

Tahap identifikasi cacat ini merupakan bagian pada tahap analisis dari perancangan database dan perangkat lunak secara keseluruhan, seperti yang digambarkan pada Gambar 4.1. Secara detail tahap ini digambarkan pada skema pengklasifikasian Gambar 4.2.

Proses yang dilakukan pada tahap identifikasi cacat sebelum dilakukannya penentuan kualitas keramik adalah dengan mengekstraksi fitur bentuk dan tekstur dari citra ubin keramik masing-masing. Proses identifikasi cacat dengan menggunakan fitur bentuk dijabarkan pada Gambar 4.3. sedangkan dengan menggunakan fitur tekstur dijabarkan pada Gambar 4.4.

#### 4.1.1. Tahap Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Bentuk

Skema pada Gambar 4.2. terdiri antara lain proses *grayscale*, perhitungan *gradient magnitude*, deteksi tepi, dilasi, binerisasi, dan *filling*.



Gambar 4.2. Proses Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Bentuk

Proses pada masing-masing tahap dijabarkan pada subbab berikut ini.

##### 4.1.1.1. Proses *Grayscale*

Proses *grayscale* adalah proses untuk mengubah citra yang memiliki warna menjadi citra yang memiliki tingkat warna keabuan. Proses *grayscale* langsung membagi sama rata ketiga nilai warna tersebut; yakni *red*, *green*, *blue* untuk

mendapatkan nilai yang baru. Dengan kata lain, nilai tiap titik akan disamakan nilai sehingga untuk tiap titik hanya memiliki 1 nilai saja yang disebut nilai keabuan.

#### 4.1.1.2. Proses Perhitungan *Gradient Magnitude*

Proses perhitungan *gradient magnitude* dilakukan dengan deteksi tepi dengan mencari nilai maksimum dan minimum dari turunan pertama dari citra (Collins, -). Operasi deteksi tepi ini menggunakan operator Sobel yang merupakan kernel berukuran 3x3. Salah satu kernel dirotasi 90<sup>0</sup>.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

**G<sub>x</sub>**

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

**G<sub>y</sub>**

Kernel ini dirancang untuk merespon secara maksimal tepi yang berada secara vertikal dan horizontal berdasarkan piksel grid. Kemudian kernel dilakukan perhitungan dengan rumus perhitungan *gradient magnitude*.

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \text{ atau } \text{sqrt}(G_x^2 + G_y^2)$$

#### 4.1.1.3. Proses Deteksi Tepi

Pendeteksian tepi merupakan pengambilan garis tepi objek citra yang dilakukan untuk memudahkan perhitungan parameter-parameter dari ciri citra tersebut. Pendeteksian tepi bertujuan untuk meningkatkan penampakan garis batas dari daerah atau objek di dalam citra dan dilakukan untuk memudahkan perhitungan parameter-parameter tepi objek (Munir, 2004). Pendeteksian tepi yang dilakukan menggunakan operator Sobel. Operator Sobel dipilih karena kemampuan untuk mengurangi derau sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi. Proses yang digunakan oleh operator Sobel merupakan proses dari operasi konvolusi yang telah ditetapkan terhadap citra

konvolusi menggunakan kernel atau filter Sobel berukuran 3x3. Kernel yang digunakan seperti di bawah ini.

$$H = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{dan} \quad V = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

#### 4.1.1.4. Proses Dilasi

Teknik pada pengolahan citra yang didasarkan pada bentuk segmen atau area pada citra disebut juga operasi morfologi. Ada beberapa operasi morfologi yang dapat dilakukann antara lain,nyaitu dilasi, erosi, *opening*, *closing*, dan *filling* (Gonzales et al, 2005). Dalam tahap ini, dilalukan operasi dilasi terhadap citra yang dideteksi. Dilasi merupakan proses penggabungan titik-titik latar (nilai 0) menjadi bagian dari objek (nilai 1), berdasarkan *structuring element* S yang digunakan. Operasi dilasi juga dapat dikatakan proses menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu gambar sehingga nantinya apabila dilakukan operasi ini maka objek tersebut akan lebih besar ukurannya dibandingkan dengan gambar aslinya. Pada citra keabuan maka nilai hasil operasi adalah nilai maksimal yang diperoleh dari himpunan piksel tetangganya. Pada citra biner, jika ada piksel tetangga yang bernilai 1 maka output piksel akan diset menjadi 1.

#### 4.1.1.5. Proses Binerisasi

Selanjutnya adalah proses binerisasi yang mengubah citra keabuan menjadi citra biner. Citra biner hanya memiliki dua kemungkinan nilai, yaitu nilai 0 dan 1. Nol (nilai 0) untuk warna hitam dan satu (nilai 1) untuk warna putih. Nilai 0 menyatakan latar belakang dan nilai 1 adalah area objek, yaitu bagian citra sebenarnya. Nilai tersebut dihasilkan dari pemisahan piksel berdasarkan derajat keabuan.

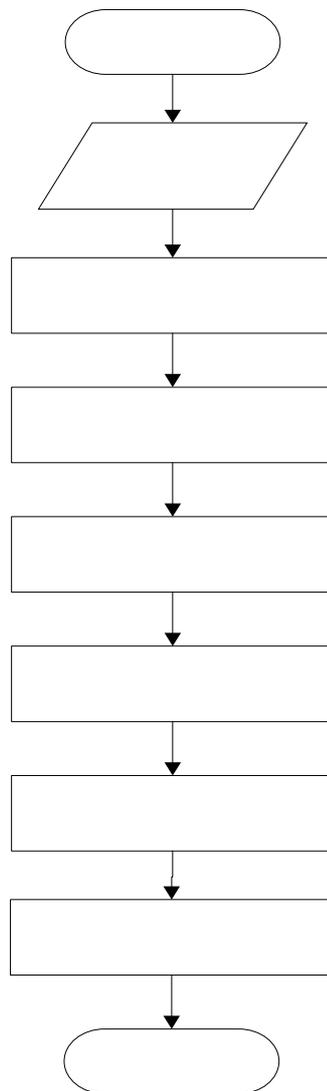
#### 4.1.1.6. Proses *Filling*

Pada tahap ini, citra masukan adalah citra batas/kontur, kemudian dilakukan *filling* atau pengisian area objek sehingga diperoleh segmen objek yang solid. Proses

ini dilakukan dimulai dengan menentukan titik awal pengisian yang terletak di dalam objek, kemudian bergerak ke arah titik-titik tetangganya.

#### 4.1.2. Tahap Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Tekstur

Tahap identifikasi cacat dengan menggunakan fitur tekstur terdiri atas proses *grayscale*, perhitungan *Gradient Magnitude*, deteksi tepi, ekstraksi fitur tekstur secara statistik, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Proses Identifikasi Cacat Menggunakan Fitur Tekstur

Proses yang dilakukan hampir sama dengan proses pada tahap identifikasi cacat menggunakan fitur bentuk. Perbedaannya terletak pada ekstraksi fitur tekstur secara statistik setelah proses perhitungan *Gradient Magnitude* dan deteksi tepi.

#### 4.1.2.1. Ekstraksi fitur Tekstur Statistik

Perhitungan fitur tekstur secara statistik didasarkan pada analisis statistik dengan menggunakan histogram dari intensitas citra yakni *mean*, *standard deviation*, *smoothness*, *third moment*, *uniformity* dan *entropy* (Gonzales and Wintz, 1987; Gonzales et al., 2005)

Penjelasan dari keenam fitur tekstur ini adalah sebagai berikut :

$$1. \text{ Mean, } m = \sum_{i=0}^L z_i \cdot p(z_i), \quad (4.1)$$

Formula ini bertujuan untuk mengukur rata-rata intensitas dari citra. Variabel  $z$  adalah nilai intensitas citra, sedangkan  $p(z_i)$  merupakan histogram dari intensitas citra, dimana  $i = 0, 1, 2, \dots, L$  dan  $L$  adalah 255.

$$2. \text{ Standard deviation, } \sigma = \sqrt{\mu_2} \quad (4.2)$$

Formula ini untuk mengukur rata-rata kontras dari intensitas citra.

Variabel  $\mu_2$  merupakan *second moment* atau *variance* dari *mean*.

$$\mu_2 = \sum_{i=0}^L (z_i - m)^2 \cdot p(z_i) \quad (4.3)$$

$$3. \text{ Smoothness, } R = 1 - 1/(1 + \mu_2) \quad (4.4)$$

Formula ini diturunkan dari *second moment* untuk mengukur kehalusan relatif dari intensitas citra. Nilai  $R = 0$  untuk citra dengan intensitas yang konstan, sedangkan nilai  $R$  yang mendekati 1 untuk citra dengan intensitas yang bertebaran.

$$4. \text{ Third moment, } \mu_3 = \sum_{i=0}^L (z_i - m)^3 \cdot p(z_i) \quad (4.5)$$

Formula ini untuk mengukur kecondongan histogram citra. Histogram citra yang simetris mempunyai nilai 0, sedangkan positif untuk histogram yang cenderung ke kanan, dan negatif untuk histogram yang cenderung ke kiri.

$$5. \text{ Uniformity, } U = \sum_{i=0}^L p^2(z_i) \quad (4.6)$$

Formula ini untuk mengukur keseragaman dari intensitas citra. Nilainya akan mencapai maksimum jika semua level keabuannya adalah sama atau mirip.

$$6. \text{ Entropy, } e = - \sum_{i=0}^L p(z_i) \log_2 p(z_i) \quad (4.7)$$

Formula ini untuk mengukur keragaman dari intensitas citra.

#### 4.1.2.2. Perhitungan *Euclidean Distance*

Perhitungan selisih jarak menggunakan *Euclidean Distance* dilakukan setelah proses ekstraksi fitur tekstur statistik. *Euclidean Distance* merupakan salah satu teknik perhitungan similaritas yang umum digunakan untuk menghitung jarak fitur tekstur. Formula nya sebagai berikut :

$$D(I,J) = \sqrt{(\sum_i |f_i(I) - f_i(J)|^p)} \quad (4.8)$$

Perhitungan jarak dengan *Euclidean Distance* dilakukan dengan membandingkan hasil nilai ekstraksi fitur tekstur statistik, yaitu mean yang menghitung rata-rata intensitas citra.

## **BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengumpulan data citra ubin keramik dari PT. KIA berhasil didokumentasikan 350 citra dengan merek Impresso dan KIA yang berukuran 25 cm x 20 cm dan 40 cm x 40 cm. Kualitas keramik yang digunakan meliputi KW-1, KW-2 dan KW3 untuk merek Impresso serta KW-1 dan KW-2 untuk merek KIA. Pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan kamera Digital SLR Canon EOS 7D. Beberapa contoh motif keramik yang diambil dari pabrik PT. KIA ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Beberapa Jenis Keramik

### 5.1. Hasil Pengambilan Citra Digital Ubin Keramik

Berdasarkan hasil pemotretan yang dilakukan terhadap keramik yang tersimpan di gudang maupun hasil produksi yang masih baru di pabrik PT KIA, diperoleh sekitar 800 citra digital. Akan tetapi citra ini belum dapat langsung diproses karena tidak fokus ke objek keramik dan terlihat latar belakang dari objek keramik, seperti yang terlihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Beberapa Keramik Hasil Pemotretan

Gambar 5.2 memperlihatkan objek citra keramik yang berbeda ukuran, tidak terlihat simetris, dan terdapatnya pantulan cahaya pada bagian tepi keramik. Hal ini tentunya akan mempengaruhi proses segmentasi objek. Untuk itu perlu dilakukan *preprocessing*.

Citra yang didapat kemudian dilakukan pemotongan (*cropping*) dengan tujuan menghilangkan bagian *background*. Lalu didapat citra keramik dengan resolusi 2500 X 2000 untuk keramik berukuran 25cm X 20cm dan resolusi 2500 X 2500 untuk keramik berukuran 40cm X 40cm. Bagian-bagian putih yang diakibatkan oleh

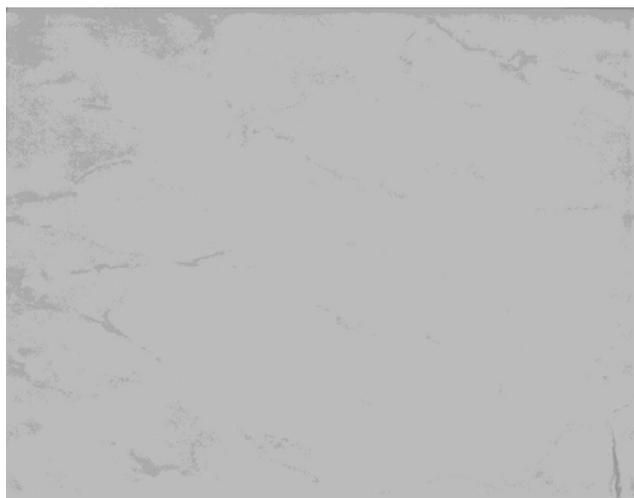
pantulan cahaya, dihilangkan dengan proses *warping*. Proses *warping* adalah proses pelebaran atau penarikan bagian citra. Hal ini perlu dilakukan, karena cahaya putih tersebut akan mempengaruhi proses identifikasi selanjutnya. Hasil dari preprocessing ini dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. a. Citra Original, b. Citra Hasil Preprocessing

## 5.2. Hasil Proses *Grayscale*

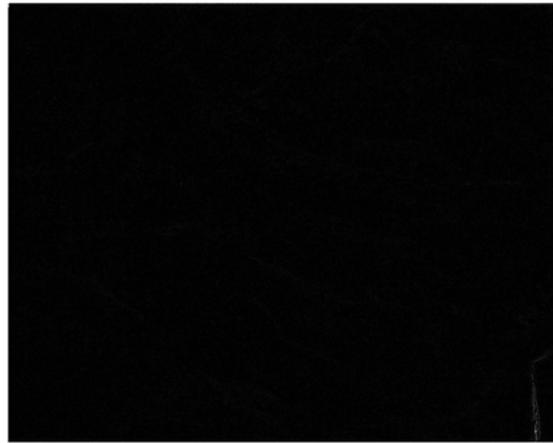
Pada tahap ini citra yang semua berjenis RGB dirubah menjadi citra grayscale yaitu citra yang memiliki tingkat keabuan. Gambar 5.4. menunjukkan citra setelah proses grayscale. Hasil proses ini merubah citra berwarna menjadi citra keabuan.



Gambar 5.4. Citra Hasil *Grayscale*

### 5.3. Hasil Proses Perhitungan *Gradient Magnitude*

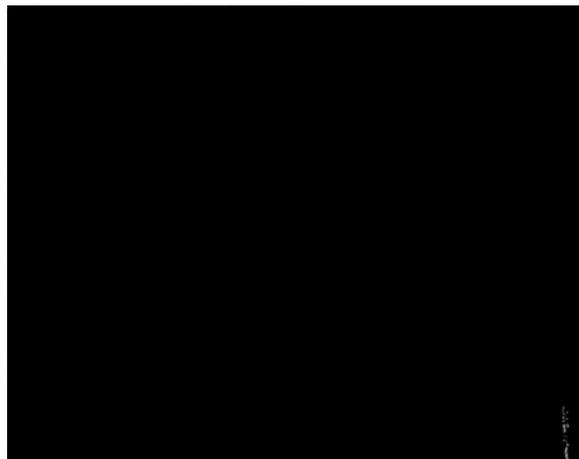
Pada proses ini, citra keabuan dideteksi tepi tepinya dengan perhitungan *gradient magnitude*. Hasilnya citra menjadi gelap keabuan dengan tepi tepi berwarna lebih terang mendekati warna putih. Hasilnya seperti terlihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Citra Setelah Operasi *Gradient Magnitude*

### 5.4. Hasil Proses Deteksi Tepi

Pada tahap ini citra keabuan setelah proses perhitungan *gradient magnitude*, dilakukan operasi deteksi tepi. Hasil proses deteksi tepi menjadikan tepi-tepi yang sebelumnya terlihat menjadi lebih jelas, seperti pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Citra Setelah Proses Deteksi Tepi

### 5.5. Hasil Proses Dilasi

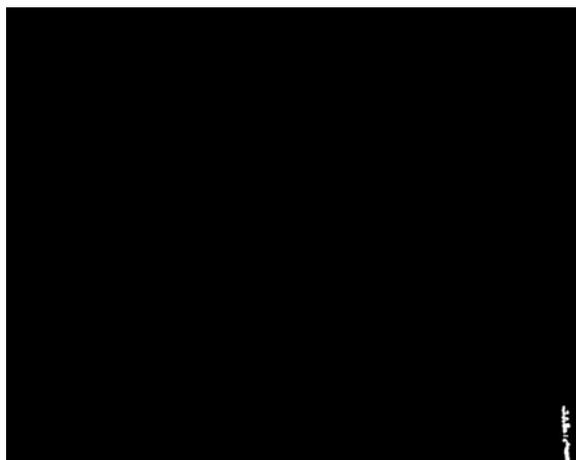
Hasil dari proses ini memperjelas tepi-tepi objek yang diperoleh dari deteksi tepi. Titik-titik yang semula putus-putus menjadi sebuah garis membentuk objek. Gambar 5.7. menunjukkan hasil proses setelah dilakukan dilasi.



Gambar 5.7. Citra Setelah Proses Dilasi

### 5.6. Hasil Proses Binerisasi

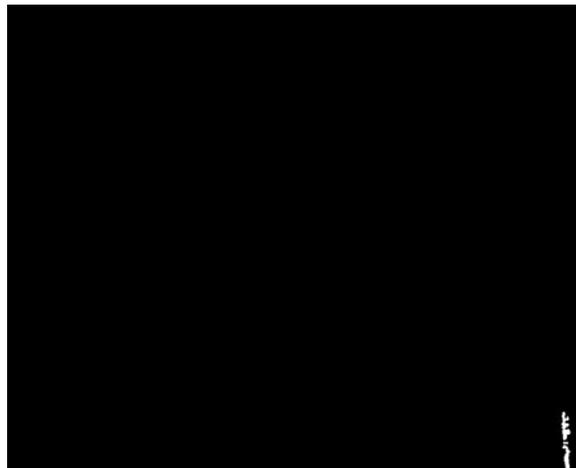
Hasil dari proses binerisasi atau thresholding berupa citra hitam putih atau citra biner. Citra masukan berupa citra grayscale yang telah dilakukan proses deteksi tepi dan dilakukan operasi dilasi. Gambar 5.8. menunjukkan citra biner hasil proses binerisasi.



Gambar 5.8. Citra Setelah Binerisasi

### 5.7. Hasil Proses *Filling*

Pada tahap ini, citra masukan adalah citra biner, kemudian dilakukan pengisian sehingga diperoleh segmen objek yang *solid*. Gambar 5.9. menunjukkan citra biner yang telah dilakukan *filling*.



Gambar 5.9. Citra Hasil Proses *Filling*

### 5.8. Hasil Penentuan Kualitas Berdasarkan Fitur Bentuk

Berdasarkan spesifikasi cacat yang diperoleh dari PT. KIA (terdapat pada Lampiran A1), proses dilanjutkan dengan penentuan kualitas. Ada 29 kategori cacat yang dispesifikasikan oleh PT KIA, tetapi pada penelitian ini hanya mengidentifikasi beberapa kategori cacat dengan bentuk yang sederhana seperti *bubbles*, *pin hole*, bintik hitam, lubang, gompel, dan goresan.

Pada hasil penelitian ini, setiap objek akan membentuk sebuah bentuk yang kemudian akan dihitung berbagai nilai yang mewakilinya. Nilai-nilai tersebut antara lain luas area, diameter dan panjang mayor axis. Gambar 5.10 menunjukkan citra yang sudah diberi label.

Nilai tersebut dijadikan acuan untuk menentukan tingkat kualitas keramik. Pada tabel 5.1 menunjukkan hasil proses perhitungan nilai representasi *region* dan tingkat kualitasnya dilihat dari objek cacat yang teridentifikasi. Pada Tabel 5.1 ini hanya menampilkan 30 hasil dari 350 citra yang diujikan. Citra hasil identifikasi

terlampir pada LAMPIRAN A2 dan tabel hasil klasifikasi kualitas terlampir pada LAMPIRAN A3.

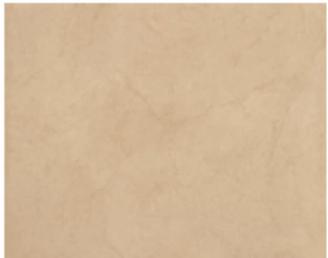


Gambar 5.10. Citra Sudah Diberi Label

Tabel 5.1. menunjukkan hasil identifikasi untuk 30 data citra dari 350 data citra yang digunakan. Dari 30 hasil identifikasi citra pada tabel tersebut, sebanyak 20 dimulai dari nomor 1 sampai 20 merupakan hasil identifikasi untuk citra berukuran 25cm x 20cm. Sepuluh nomor terakhir merupakan hasil identifikasi untuk citra berukuran 40cm X 40cm. Citra 0671 berukuran 2500 x 2000 piksel setelah dilakukan identifikasi memiliki cacat lingkaran sebanyak satu dengan diameter 17.15 piksel. Tidak memiliki cacat bukan lingkaran, sehingga termasuk kualitas A (KW A). Citra 0689 berukuran 2500 x 2500 piksel setelah dilakukan identifikasi memiliki cacat lingkaran sebanyak sembilan dengan diameter terbesar 17.01 piksel, tetapi tidak memiliki cacat bukan lingkaran. Dimasukkan ke kualitas B (KW B) karena memiliki sembilan cacat lingkaran.

Tabel 5.1. Hasil Nilai Representasi *Region* dan Penentuan Kualitas

No	Citra	KW	Nilai Representasi Region	KW	Ket
1	 0671	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 17.2</li> </ul>	A	Benar
2	 0673	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 16.3</li> </ul>	A	Benar
3	 0674	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 2 Terbesar = 17.4</li> </ul>	A	Benar
4	 0677	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	A	Benar

5	 0679	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 16.12</li> </ul>	A	Benar
6	 9181	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 22.22</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 14 Terbesar = 17.01</li> </ul>	B	Salah
7	 9183	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	A	Benar
8	 9193	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 22 Terbesar = 17.7</li> </ul>	Afkir	Salah
9	 9198	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 6 Terbesar = 17.6</li> </ul>	A	Benar

10	 9208	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 21 Terbesar = 17.1</li> </ul>	Afkir	Salah
11	 9237	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 25.03</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 16.9</li> </ul>	A	Salah
12	 9239	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 115.8</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 3 Terbesar = 17.3</li> </ul>	B	Benar
13	 0312	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 45.99</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Benar
14	 0316	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = 0</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 15.4</li> </ul>	A	Salah

15	 0432	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 35.19</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 7 Terbesar = 18.3</li> </ul>	A	Salah
16	 0590	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 68.56</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Benar
17	 0611	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 4 Terbesar = 125.8</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Benar
18	 0646	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 4 Terbesar = 17.1</li> </ul>	A	Benar
19	 0660	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 3 Terbesar = 81.33</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Salah

20	 0668	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 7 Terbesar = 33.26</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Salah
21	 0747	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 19.4</li> </ul>	A	Benar
22	 0751	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 20.24</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 19.5</li> </ul>	A	Benar
23	 0755	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 99.85</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Salah

24	 0889	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 29.85</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	A	Salah
25	 0918	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 3 Terbesar = 77.9</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 14</li> </ul>	B	Salah
26	 0922	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 20.29</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	A	Benar
27	 0926	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 2 Terbesar = 19.5</li> </ul>	A	Benar

28	 0945	Afkir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 4 Terbesar = 415.2</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	Afkir	Benar
29	 0946	Afkir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 1 Terbesar = 204.5</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	B	Salah
30	 0947	Afkir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objek bukan lingkaran Jumlah = 15 Terbesar = 180.3</li> <li>- Objek Lingkaran Jumlah = 0 Terbesar = -</li> </ul>	Afkir	Benar

Pengujian dilakukan terhadap 350 citra yang terdiri dari 250 citra keramik berukuran 20X25 dan 100 citra keramik berukuran 40X40. Keramik 25 cm X 20 cm terdiri dari 115 KW-1, 32 KW-2 dan 103 KW-3. Keramik berukuran 40 cm X 40 cm terdiri dari 48 KW-1, 28 KW-2, 23 KW-3 dan 3 untuk cacat yang tidak dapat ditolerir lagi (afkir). Hasil pengujian menunjukkan keramik berukuran 20cm X 25cm sebanyak 215 citra dinyatakan KW A, 33 KW B dan 3 dinyatakan afkir. Jumlah citra yang

diidentifikasi dengan benar sebanyak 149 dan kesalahan sebanyak 101. Tabel 5.2. menunjukkan hasil analisis untuk keramik berukuran 25 x 20.

Tabel 5.2. Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 25 x 20

Jumlah KW 1 menurut pabrik	119
Jumlah KW 2 menurut pabrik	28
Jumlah KW 3 menurut pabrik	103
Jumlah Afkir menurut pabrik	0
Jumlah KW A menurut pabrik	223
Jumlah KW B menurut pabrik	24
Jumlah afkir yang diidentifikasi benar	2
Jumlah yang diidentifikasi benar	153
Jumlah yang diidentifikasi salah	97
Prosentase keberhasilan	$153/250 = 61.2\%$

Hasil pengujian menunjukkan keramik berukuran 40cm X 40cm sebanyak 63 citra dinyatakan KW A, 34 KW B dan 3 dinyatakan afkir. Jumlah citra yang diidentifikasi dengan benar sebanyak 79 dan kesalahan sebanyak 21. Tabel 5.3. menunjukkan hasil analisis untuk keramik berukuran 40 x 40.

Tabel 5.3. Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 40 x 40

Jumlah KW 1 menurut pabrik	46
Jumlah KW 2 menurut pabrik	28
Jumlah KW 3 menurut pabrik	23
Jumlah Afkir menurut pabrik	3
Jumlah KW A menurut pabrik	60
Jumlah KW B menurut pabrik	32
Jumlah afkir yang diidentifikasi benar	8
Jumlah yang diidentifikasi benar	73
Jumlah yang diidentifikasi salah	27
Prosentase keberhasilan	$73/100 = 73 \%$

Tabel 5.4. menunjukkan hasil identifikasi untuk semua ukuran keramik. Hasil pengujian menunjukkan sebanyak 278 citra dinyatakan KW A, 67 KW B dan

5 dinyatakan afkir. Jumlah citra yang diidentifikasi dengan benar sebanyak 226 dan kesalahan sebanyak 124. Presentase tingkat keberhasilan sebesar 64.57 %.

Tabel 5.4. Hasil Identifikasi Semua Ukuran Keramik

Jumlah KW 1 menurut pabrik	165
Jumlah KW 2 menurut pabrik	56
Jumlah KW 3 menurut pabrik	126
Jumlah Afkir menurut pabrik	3
Jumlah KW A menurut pabrik	283
Jumlah KW B menurut pabrik	56
Jumlah afkir yang diidentifikasi benar	10
Jumlah yang diidentifikasi benar	226
Jumlah yang diidentifikasi salah	124
Prosentase keberhasilan	$226/250 = 64.57\%$

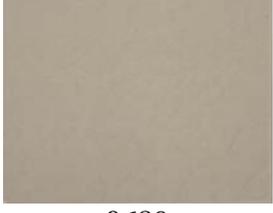
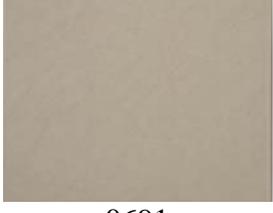
### 5.9. Hasil Penentuan Kualitas Berdasarkan Fitur Tekstur Statistik

Tabel 5.5. menunjukkan hasil perhitungan fitur tekstur statistik dengan *mean*, *standar deviasi* dan *entropy*. Data yang ditampilkan adalah 15 data untuk keramik 25cmx20cm dan 5 data untuk keramik 40cm x 40cm. Hasil perhitungan 350 data secara lengkap, dapat dilihat pada LAMPIRAN A4.

Setelah melakukan ekstraksi fitur tekstur statistik itu kemudian selanjutnya adalah proses menentukan citra yang akan dijadikan referensi. Citra yang dijadikan referensi merupakan citra yang memiliki nilai *mean* 0. Sebagai contoh, citra yang dijadikan referensi adalah citra 0677 untuk keramik ukuran 25cm x 20 cm dan citra 0747 untuk keramik ukuran 40cm x 40 cm. Hasil perhitungan berdasarkan *Euclidean Distance* dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel. 5.5. Hasil Ekstraksi Fitur Tekstur Statistik

No	Nama Citra	Entropy	Standar Deviasi	Mean
1	 0671	0.001606262662	0.010491324988	0.000110080000
2	 0673	0.000298308439	0.004156886355	0.000017280000
3	 0674	0.026800304685	0.051746994289	0.000268496000
4	 0677	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000
5	 0679	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000
6	 0681	0.000574491046	0.005949685195	0.000035400000

No	Nama Citra	Entropy	Standar Deviasi	Mean
7	 0683	0.000126539323	0.002607672357	0.000006800000
8	 0684	0.007074633028	0.024080354730	0.000580200000
9	 0686	0.000350399332	0.004538675992	0.000020600000
10	 0689	0.000995087913	0.008049584705	0.000064800000
11	 0691	0.000880214483	0.007523084990	0.000056600000
12	 0693	0.001108460207	0.008543692738	0.000073000000

No	Nama Citra	Entropy	Standar Deviasi	Mean
13	 0694	0.001258478390	0.009164767362	0.000084000000
14	 0697	0.000126539323	0.002607672357	0.000006800000
15	 0699	0.000964423594	0.007911769319	0.000062600000
16	 0747	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000
17	 0748	0.000202984621	0.003370441035	0.000011360000
18	 0749	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000

No	Nama Citra	Entropy	Standar Deviasi	Mean
19	 0750	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000
20	 0751	0.000272885291	0.003959767246	0.000015680000

Berdasarkan perhitungan yang dihasilkan menggunakan *Euclidean Distance* pada semua data dihasilkan besarnya range *Euclidean Distance* yang digunakan untuk pengidentifikasian kualitas keramik seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan 5.7.

Tabel 5.6. *Range* Kualitas Keramik Ukuran 25cm x 20cm

Jenis	Range Euclidian Distance
KW A	0 - 0.000942880000
KW B	> 0.000942880000

Tabel 5.7. *Range* Kualitas Keramik Ukuran 40cm x 40cm

Jenis	Range Euclidian Distance
KW A	0 - 0.005205600000
KW B	> 0.005205600000

Selanjutnya adalah menentukan kualitas dari keramik yang diuji berdasarkan *range* yang telah didapat tadi. Tabel 5.8. menunjukkan kualitas keramik yang telah diuji.

Tabel 5.8. Hasil Uji Keramik

No	Citra	KW Pabrik	Hasil Euclidean Distance	KW Uji
1	0671	1	0.000110080000	A
2	0673	1	0.000017280000	A
3	0674	1	0.000268496000	A
4	0677	1	0.000000000000	A
5	0679	1	0.000000000000	A
6	0681	1	0.000035400000	A
7	0683	1	0.000006800000	A
8	0684	1	0.000580200000	A
9	0686	3	0.000020600000	A
10	0689	3	0.000064800000	A
11	0691	3	0.000056600000	A
12	0693	3	0.000073000000	A
13	0694	3	0.000084000000	A
14	0697	3	0.000006800000	A
15	0699	3	0.000062600000	A
16	0748	1	0.000011360000	A
17	0749	1	0.000000000000	A
18	0750	1	0.000000000000	A
19	0751	1	0.000015680000	A
20	0752	1	0.000000000000	A

Pengujian dilakukan terhadap 350 citra yang terdiri dari 250 citra keramik berukuran 20cm x 25cm dan 100 citra keramik berukuran 40cm x 40cm. Keramik 25 cm x 20 cm terdiri dari 114 KW-1, 28 KW-2 dan 108 KW-3. Keramik berukuran 40 cm x 40 cm terdiri dari 46 KW-1, 28 KW-2, 23 KW-3 dan 3 untuk cacat yang tidak dapat ditolerir lagi (afkir).

Hasil pengujian keramik ukuran 25cm x 20cm, jumlah citra yang diidentifikasi dengan benar sebanyak 147 dan kesalahan sebanyak 103. Tabel 5.9. menunjukkan hasil analisis untuk keramik berukuran 25cm x 20cm.

Tabel 5.9 Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 25cm x 20cm

Jumlah KW-1 menurut pabrik	114
Jumlah KW-2 menurut pabrik	28
Jumlah KW-3 menurut pabrik	108
Jumlah yang diidentifikasi dengan benar	147
Jumlah yang diidentifikasi dengan salah	103
Persentase Tingkat Keberhasilan	$147/250 \times 100\% =$ <b>58.9%</b>

Hasil pengujian keramik ukuran 40cm x 40cm, jumlah citra yang diidentifikasi dengan benar sebanyak 76 dan kesalahan sebanyak 24. Tabel 5.10 menunjukkan hasil analisis untuk keramik berukuran 40cm x 40cm.

Tabel 5.10. Hasil Identifikasi Keramik Berukuran 40cm x 40cm

Jumlah KW-1 menurut pabrik	46
Jumlah KW-2 menurut pabrik	28
Jumlah KW-3 menurut pabrik	23
Jumlah yang diidentifikasi dengan benar	76
Jumlah yang diidentifikasi dengan salah	24
Persentase Tingkat Keberhasilan	$76/100 \times 100\% =$ <b>76%</b>

## **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada penelitian tahun pertama ini telah dilakukan proses penentuan kualitas ubin keramik terhadap 350 citra keramik dengan mengidentifikasi cacat yang ditemukan pada citra keramik. Akan tetapi tidak semua cacat dapat diidentifikasi. Pada proses identifikasi menggunakan fitur bentuk tingkat keberhasilan yang dicapai hanya sebesar 64.57 %, sedangkan dengan fitur tekstur mencapai 63.71 %. Hal ini disebabkan pada proses *spreprocessing* dapat menghilangkan bagian-bagian citra yang mengandung cacat. Selain itu disebabkan pula karena beberapa cacat dengan ukuran sangat kecil tidak dapat teridentifikasi.

Penelitian ini masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan hasil penelitian. Penggunaan kamera digital secara profesional akan meningkatkan kualitas citra yang akan mempermudah proses identifikasi, tata letak pengambilan citra serta pencahayaan yang tepat akan menghasilkan data yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim1. 2010. *Jenis Keramik*, <http://www.rumahhide.com/jenis-keramik>
- Anonim2. 2010. *Agar Tak Salah Memilih Keramik*, <http://www.balipost.co.id>
- Atiqur R,G.M. and Md. Mobarak Hossain. 2009. “Automatic Defect Detection and Classification Technique from Image : A Special Case Using Ceramic Tiles”. (*IJCSIS*) *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 1, No. 1.
- Bertalya. 2007. *Pembuatan Database Citra Ultrasound : Mengenai Perkembangan Bayi Selama Kehamilan*
- Bertalya. 2008. *Metode Klasifikasi Citra X-ray Berdasarkan Area Objek dan Bentuk Objek Menggunakan Pendekatan Grid*, Disertasi Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma.
- Bertalya and Prihandoko. 2010. “Shape Transformation Using Grid Approach for Classification of X-ray Image”. *Journal of eHealth Technology and Application*. Vol. 8, Number 2. Tokai University
- Bertalya and Prihandoko. 2010, “Extraction of Local Texture for X-ray Image Classification”, *The 3rd International Congress on Image and Signal Processing, The 3rd International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, 16-18 October 2010, Yantai, China (in submitted)
- Elbehiery, H, Hefnawy, A and Elewa, M. 2005. “Surface Defects Detection for Ceramic Tiles Using Image Processing and Morphological Techniques”. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. Vol.5.
- Ghazvini, S. M. A. Monadjemi, N. Movahhedinia, and K. Jamshidi. 2009. “Defect Detection of Tiles Using 2D-Wavelet Transform and Statistical Features”. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 49.
- Muller, H, N. Michoux, D. Bandon, and A. Geissbuhler. 2004. “A Review of Content-based Image Retrieval Systems in Medical Applications – Clinical Benefits and Future Directions”. *International Journal of Medical Informatics*, 73(1):1-23
- Novak, I and Hocenski, Z. “Texture Feature Extraction for a Visual Inspection of Ceramic Tiles”.

- Gonzales, R.C. and P.Wintz. 1987. *Digital Image Processing*. Addison Wesley Pub. Company. USA
- Gonzales, R.C., R.E. Woods, and S.L. Eddins. 2005. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Pearson Education, India.
- Long, F, H. Zhang, and D. D. Feng. 2003. “Fundamental of Content-based Image Retrieval”. *Multimedia Information Retrieval and Management : Technological Fundamentals and Applications*
- Mattie, M.E., L. Staib, E. Stratmann, H.D. Tagare, J. Duncan and P.L. Miller. 2000. “PathMaster : Content-based Cell Image Retrieval Using Automated Feature Extraction”. *Journal of the American Medical Informatics Association, Vol. 7*.
- Pressman, R. 2005, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, R.S. Pressman & Associates, Inc.
- Wei, CH., CT. Li, and R. Wilson. 2005. “A Content-based Approach to Medical Image Database Retrieval”. *In Database Modeling for Industrial Data Management: Emerging Technologies and Applications*, Idea Group Publishing