

EKSTRAKSI FITUR CITRA DIGITAL BANTALAN UNTUK PEMANTAUAN KONDISI MESIN

Achmad Widodo dan Muhammad Huda

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Diponegoro

Jl. Prof Soedharto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang
Telp. : +62-24-7460059, Fax : +62-24-7460059, E-mail: awid@undip.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas penggalian informasi melalui ekstraksi fitur citra (image) digital bantalan mesin yang dihasilkan dari tangkapan kamera termografi inframerah. Hasil tersebut selanjutnya diolah dengan metode pengolah citra digital semisal segmentasi dan pengklasteran citra. Ekstraksi fitur citra dilakukan dengan menghitung luas titik panas dan perimater pada daerah bantalan mesin. Penelitian dilakukan dengan mengambil citra bantalan perangkat simulator kerusakan mesin dengan memvariasikan kondisi-kondisi yang biasa terjadi pada mesin berputar antara lain: massa tak seimbang, misalignment, kelonggaran, dan kerusakan bantalan. Metode pengenalan pola digunakan untuk memetakan kondisi mesin berdasarkan pola-pola yang terjadi. Dengan metode ini, kerusakan mesin dapat didiagnosa secara dini.

Keywords: Termografi, Pengujian tanpa merusak, Pengenalan pola, Diagnosa Kerusakan Mesin

1. Pendahuluan

Bagian mesin yang berputar ataupun berosilasi seperti pada turbin, motor bakar, dan motor listrik adalah bagian yang kritis pada sistem pemesinan. Bagian tersebut biasanya menjadi sumber utama terjadinya getaran dan panas. Getaran dan panas yang terjadi akan berdampak buruk bagi mesin dan mengakibatkan kerusakan bagi mesin serta kerugian bagi pengguna mesin apabila tidak ditangani dengan baik. Berbagai fenomena dapat mempercepat cacat komponen seperti fluktuasi beban, getaran, kerusakan logam, lingkungan yang ekstrim seperti suhu tinggi, angin, atau bahan kimia. Bahkan kotoran atau debu di udara juga dapat meningkatkan laju kerusakan dan jumlah kerusakan dalam suatu mesin.

Banyak hal yang dilakukan agar proses perawatan tidak membuat kerugian karena kendala waktu perawatan atau pengujian yang membuat nilai mesin berkurang. Salah satu yang sedang dikembangkan saat ini adalah pemantauan kondisi mesin dengan menggunakan *infrared thermography* (IRT). Metode ini termasuk dalam *nondestructive testing* (NDT) atau pengujian tanpa merusak. IRT menghasilkan citra termal (*thermal image*) yang dapat mengindikasikan kondisi mesin normal atau tidak normal. Diagnosa kerusakan mesin dapat dilakukan dengan mengevaluasi pola fitur citra yang dihasilkan sehingga terdapat hubungan antara kondisi normal dan tidak normal.

Pengujian tanpa merusak didefinisikan sebagai metode pengujian untuk menguji suatu obyek, material atau sistem tanpa menimbulkan kerusakan atau mempengaruhi kegunaannya setelah dilakukan pengujian [1].

2. Dasar Teori

Semua benda di atas temperatur nol mutlak akan memancarkan energi panas ke sekelilingnya dalam bentuk energi inframerah. Hanya saja energi inframerah ini tidak terlihat oleh mata karena panjang gelombang inframerah tidak tercakup oleh kemampuan mata [2].

Termografi adalah teknik yang dengannya energi inframerah yang tidak tampak yang dipancarkan oleh obyek diubah menjadi gambar panas secara visual. Termografi inframerah dapat dianggap sebagai pemetaan panas tanpa sentuhan dan analisa pola panas permukaan objek. Termografi dapat digunakan sebagai cara untuk menginspeksi mekanis atau peralatan listrik untuk menentukan normal atau tidaknya sebuah fungsi dengan memperoleh pola panasnya. Metode inspeksi ini didasarkan pada kenyataan sebagian besar komponen di dalam suatu sistem akan menunjukkan kenaikan temperatur jika terjadi malfungsi [3].

Pengolahan citra adalah suatu metode yang digunakan untuk memproses atau memanipulasi gambar dalam bentuk 2 dimensi [4]. Pengolahan citra dapat juga dikatakan segala operasi untuk memperbaiki,



menganalisa, atau mengubah suatu gambar. Pada umumnya, tujuan dari pengolahan citra adalah mentransformasikan atau menganalisis suatu gambar sehingga informasi baru tentang gambar dapat dibuat lebih jelas.

Citra atau gambar adalah representasi spatial dari suatu objek yang sebenarnya dalam bidang dua dimensi yang biasanya ditulis dalam koordinat kartesian x-y, dan setiap koordinat merepresentasikan satu sinyal terkecil dari objek yang biasanya koordinat terkecil ini disebut sebagai piksel. Representasi dari matriks tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Citra digital dapat diwakili oleh format warna RGB (*Red-Green-Blue*) untuk setiap titiknya, di mana setiap komponen warna memiliki batasan sebesar 1 byte [4,5].

2.1 Segmentasi citra

Dalam ilmu komputasi, segmentasi mengacu pada proses partisi citra digital ke dalam beberapa segmen. Segmentasi gambar biasa digunakan untuk menemukan objek dan batas-batas (garis, kurva, dan lain-lain) dalam suatu gambar. Lebih tepatnya, segmentasi citra adalah proses untuk menempatkan label atau tanda untuk setiap pixel dalam sebuah gambar untuk karakteristik visual tertentu [6].

2.2 Klaster citra

Fitur citra dapat dianalisa dengan menggunakan metode klaster analisis. Metode ini akan memudahkan ekstraksi gambar yang didapatkan dari kamera infra merah. Tujuan dari klaster analisis adalah mengklasifikasikan objek menurut kesamaan diantara komponen dan mengatur data dalam kelompok-kelompok. Potensi utama dari tahap ini adalah untuk mendeteksi struktur secara mendasar dalam data, untuk pengklasifikasian dan pengenalan pola [7].

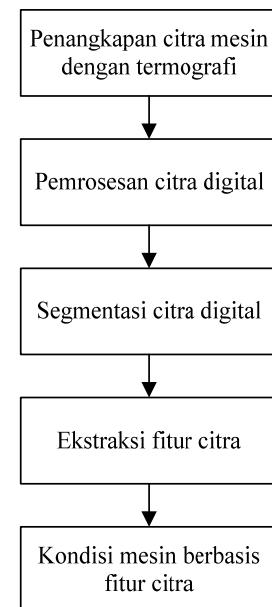
2.3 Ekstraksi fitur citra

Pengukuran luas dan perimeter dilakukan pada gambar biner. Gambar diskrit biner yang mengandung satu atau banyak obyek, dimana jika pixel merupakan bagian dari obyek, untuk semua bagian non-obyek disebut sebagai *background*. Luas setiap obyek dalam gambar adalah perhitungan jumlah pixel yang ada di dalam sebuah obyek $F(j,k)=1$. Sebagai contoh, 2x2 pixel pada persegi, luas objek tersebut adalah $A_o = 4$ dan keliling objek tersebut adalah $P_o = 8$. Sebuah objek tersusun oleh tiga pixel yang terhubung secara diagonal.

Daerah tertutup suatu objek didefinisikan sebagai jumlah total pixel $F(j, k) = 0$ atau 1 dalam batas perimter luar dari objek [6].

3. Metodologi

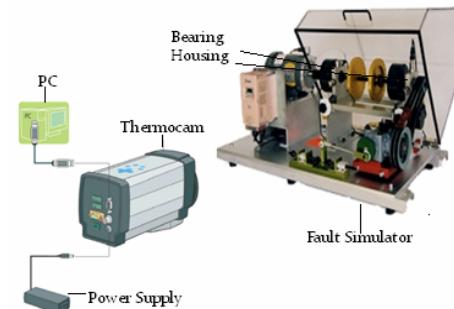
Metodologi penelitian ini secara singkat digambarkan pada diagram berikut.



Gambar. 1 Diagram alir penelitian.

4. Eksperimen

Machine faults simulator (MFS) merupakan perangkat simulasi mesin berputar yang dilengkapi motor, kopling, bantalan, roda gigi, pompa, transmisi puli-sabuk, *flywheels* dan *cam gear* yang banyak digunakan dalam simulasi permesinan. Beberapa kondisi kerusakan dapat disimulasikan dengan MFS antara lain *unbalance*, *bearing fault*, *misalignment*, *bent shaft* dan lain-lain.



Gambar 2. Perangkat MFS dan *thermocam*.

Gambar 2 dan 3 menunjukkan proses penangkapan citra MFS dengan menggunakan kamera inframerah yang terpisah pada jarak 3 m. MFS dilengkapi dengan poros pendek berdiameter 30 mm



yang terpasang pada poros motor melalui kopling fleksibel. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan dampak transmisi getaran dari motor. Poros ini ditutup oleh dua bantalan bola (*ball bearing*) yang sama. Satu atau lebih *disk* bisa dipasang pada poros digunakan untuk simulasi kondisi tidak seimbang (*unbalance*) dengan menambahkan satu atau lebih titik massa tidak seimbang pada *disk*.

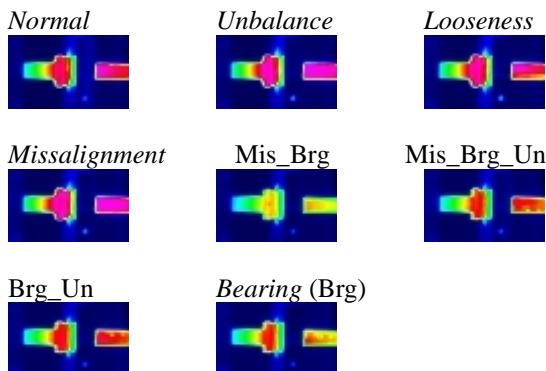


Gambar 3. Eksperimen.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Data citra bantalan

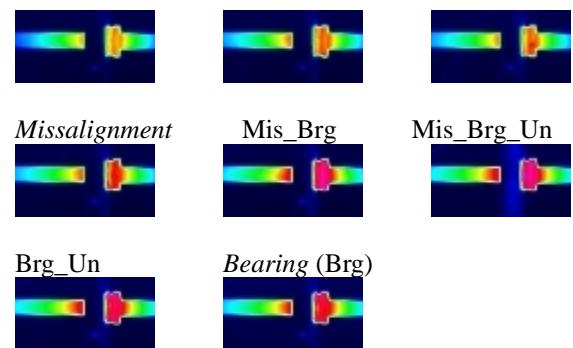
Hasil termografi citra bantalan ditampilkan pada Gambar 4 dan 5. Selanjutnya warna yang menunjukkan daerah panas (misalnya merah) diekstrak untuk mendapatkan luas dan perimeter daerah tersebut. Tahap ekstraksi fitur luas dan perimeter ini dilakukan dengan mengubah terlebih format citra menjadi biner.



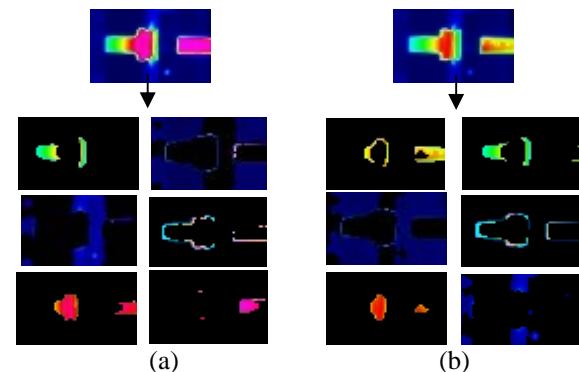
Gambar 4. Hasil termografi bantalan kanan (RGB).

Selanjutnya pengklasteran fitur citra bantalan dilakukan dengan memakai metode *k-nearest neighbor* dengan membatasi jumlah klaster $k = 6$. Hasil klaster ditampilkan pada Gambar 6.

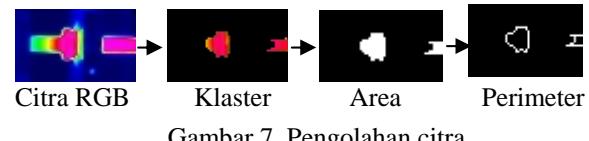
Normal Unbalance Looseness



Gambar 5. Hasil termografi bantalan kiri (RGB).



Gambar 6. Pengklasteran a) Bantalan normal; b) Bantalan rusak.



Gambar 7. Pengolahan citra.

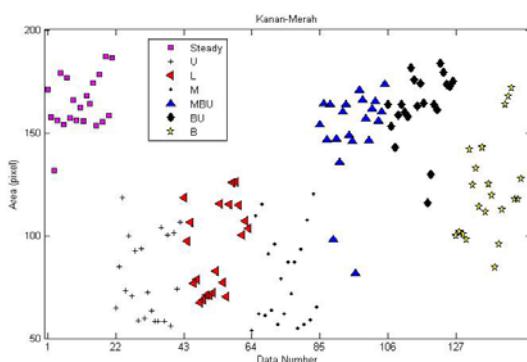
Gambar 7 menunjukkan pengolahan citra yang dilakukan untuk mengekstrak fitur luas titik panas (*hotspot area*) dan perimeter.

5.2 Analisa

Pada setiap kondisi simulasi terdapat dua titik panas yang diambil yaitu pada kisaran suhu $45.5 - 50^{\circ}\text{C}$, namun pada komputasi pengklasteran, kisaran suhu tersebut dibagi menjadi 2 bagian yaitu $\pm 48.5 - 50^{\circ}\text{C}$ (ditandai dengan warna merah muda) dan suhu $\pm 45.5^{\circ}\text{C} - 48.49^{\circ}\text{C}$ (ditandai dengan warna merah). Namun demikian, pada beberapa kondisi, hanya terdapat satu warna yaitu merah saja (contoh: gambar 6b) sehingga hanya satu warna saja yang dipakai.

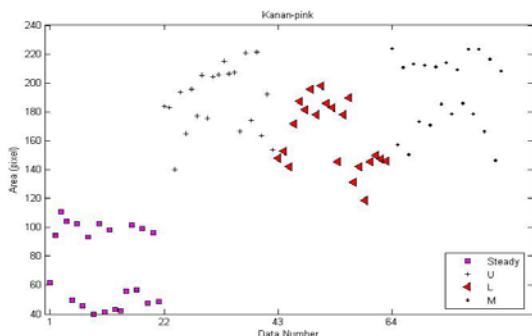
Gambar 8 menunjukkan pola yang dibentuk dari luasan setiap kondisi mesin. Pada dasarnya klaster yang timbul merupakan pengklasifikasian terhadap data citra yang terdiri dari matriks. Pada plot tersebut masih terdapat banyak pola yang tidak teratur atau hampir sama.



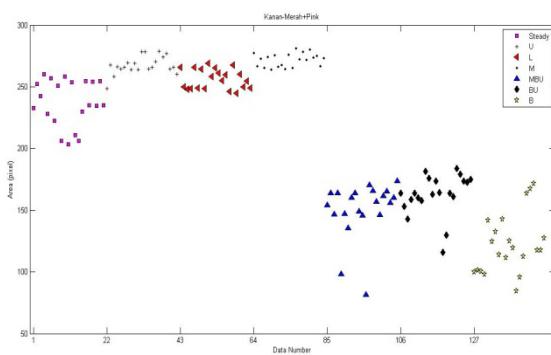


Gambar 8. Plot hotspot bantalan kanan (merah).

Gambar 9 menunjukkan plot luasan titik panas bantalan kanan dengan warna merah muda yang merupakan tampilan 4 kondisi mesin. Pola yang terjadi adalah untuk kondisi mesin normal (*steady*), *unbalance*, *looseness*, dan *misalignment* hampir mempunyai kesamaan pola. Namun apabila dibandingkan dengan keadaan normal (*steady*), terdapat perbedaan luasan yang cukup signifikan.



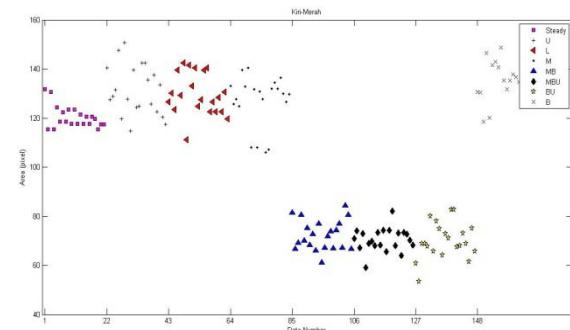
Gambar 9. Plot hotspot bantalan kanan (merah muda).



Gambar 10. Plot hotspot bantalan kanan (merah+merah muda).

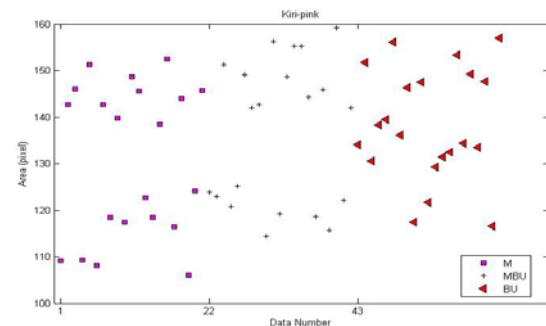
Gambar 10 menunjukkan klaster gabungan antara kondisi hotspot merah dan hotspot pink. Pada plot tersebut, luasan yang dhasilkan antara keduanya (merah dan merah muda) dijumlahkan sehingga pada plot ini nampak jelas perbedaan antara kondisi normal dan tidak normal. Terlihat pada empat kondisi pertama terjadi

kenaikan luasan. Namun pada kondisi berikutnya hotspot tidak lebih besar dari kondisi sebelumnya. Hal ini membuktikan bahwa tiga kondisi terakhir tidak mengalami peningkatan hotspot dibanding kondisi sebelumnya untuk bantalan sebelah kanan.



Gambar 11. Plot hotspot bantalan kiri (merah).

Untuk bantalan kiri, plot yang dihasilkan tidak terlalu banyak variasi yang dihasilkan (Gambar 11). Pola secara umum yang terjadi adalah linier. Disini hanya terdapat perbedaan kecil antara kondisi abnormal tunggal dengan kondisi abnormal gabungan. Pada kondisi tunggal (*steady*, *misalignment*, *unbalance*, *looseness*, *bearing fault*) terdapat kemiripan pola pada satu garis linier, sedangkan pada kondisi gabungan juga linier namun berbeda dengan kondisi tunggal.

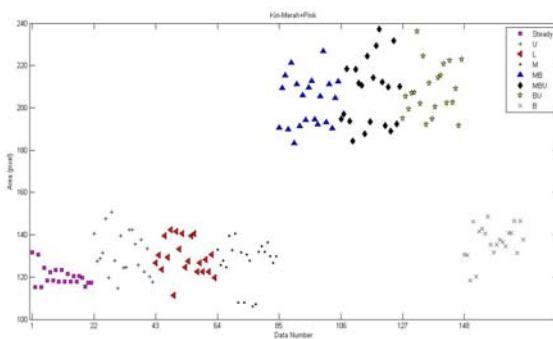


Gambar 12. Plot hotspot bantalan kiri (merah muda).

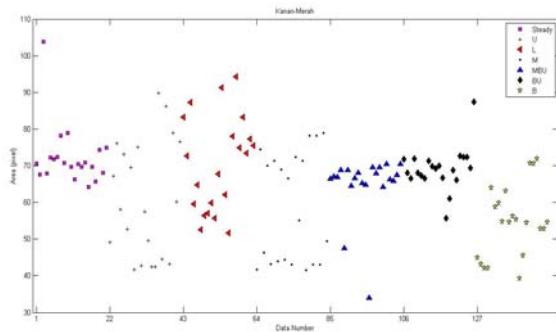
Pada *hotspot* warna merah muda bantalan kiri, pola yang terjadi acak (Gambar 12). Pola ini tidak menunjukkan klaster yang bagus untuk setiap kondisi mesin karena terlalu menyebar.

Gambar 13 menunjukkan perbedaan kondisi panas yang terjadi. Terdapat kenaikan temperatur pada kondisi ketidaknormalan sehingga bantalan kiri lebih jelas untuk mendeteksi ketidaknormalan dibanding bantalan sebelah kanan.



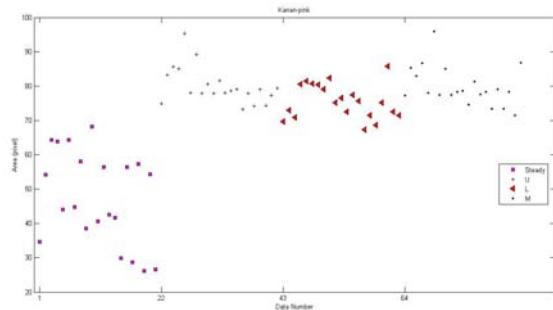


Gambar 13. Plot *hotspot* bantalan kiri (merah+merah muda).



Gambar 14. Plot *perimeter* bantalan kanan (merah).

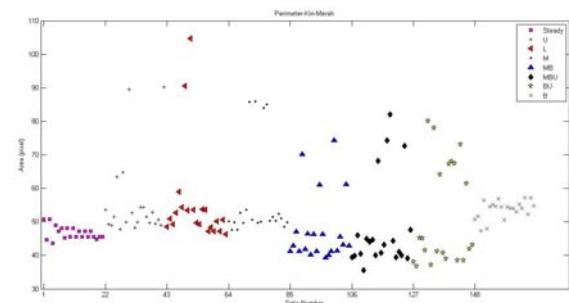
Pada plot perimeter Gambar 14 terlihat kondisi perimeter yang dihasilkan acak. Tidak terlihat perbedaan signifikan antara kondisi satu dan yang lainnya.



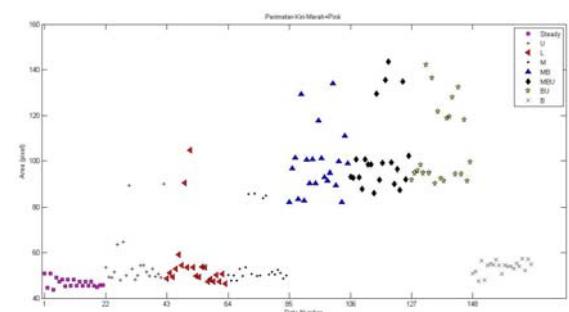
Gambar 15. Plot *perimeter* bantalan kanan (merah muda).

Gambar 15 menunjukkan klaster yang cukup bagus dimana perbedaan antara kondisi normal dan tidak normal bisa terlihat. Pada plot ini hanya terdapat empat kondisi yang mempunyai suhu 48,5–50°C (merah muda).

Perimeter untuk bantalan kiri ditunjukkan pada Gambar 16 dimana klaster yang terjaga cukup bagus meskipun ada titik data yang keluar dari kluster. Terdapat kenaikan temperatur antara kondisi normal dan kondisi tidak normal. Plot ini bisa dijadikan referensi untuk penentuan kondisi pada bantalan kanan.



Gambar 16. Plot *perimeter* bantalan kiri (merah)



Gambar 17. Plot *perimeter* bantalan kiri (merah+merah muda)

Gambar 17 adalah plot perimeter gabungan warna merah dan merah muda. Gambar tersebut menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Klaster kondisi normal (steady), unbalance, looseness dan misalignment tergambar dengan baik. Kondisi yang lain titik-titik data nampak menyebar dan terjadi kluster yang kurang baik. Hal ini menunjukkan pada empat kondisi pertama, bantalan kiri terpengaruh secara signifikan oleh kerusakan yang terjadi, namun kondisi berikutnya bantalan kurang terpengaruh oleh ketidaknormalan yang terjadi.

6. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengklasteran citra dapat digunakan sebagai alat pengolah citra digital untuk mengenal pola data citra bantalan mesin.
2. Ekstraksi fitur citra yang digunakan untuk mengenali pola suatu kondisi mesin adalah luas titik panas dan perimeter.
3. Didapatkan perbedaan pola yang jelas pada luas hotspot dan perimeter warna merah, sedangkan pada warna merah muda kurang begitu terlihat karena beberapa faktor diantaranya data image yang kecil dan metode klastering yang dipakai.

Daftar Pustaka



- [1] Haller, K., *Nonlinear Acoustics Applied to Non Destructive Testing*, Blekinge Institute of Technology, Sweden, 2007.
- [2] Griffith, B., *Infrared Thermographic Systems*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley CA, 2001.
- [3] Maldague, X., *Applications of Infrared Thermography in Nondestructive Evaluation*, Electrical and Computing Engineering Dept., Université Laval, Canada.
- [4] Gonzales, R., Wood, R. E., *Digital Image Processing*, 2nd Ed., Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- [5] Iqbal, M., *Dasar Pengolahan Citra menggunakan Matlab*, Marine Instrumentation and Telemetry Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor, 2009.
- [6] Pratt, W. K., *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons Inc. Publication, California, 2007.
- [7] Balasko, B., *Fuzzy Clustering and Data Analysis Toolbox For Use with Matlab*, Department of Process Engineering University of Veszprem, Hungary, 1998.

