

## EVALUASI PENGGUNAAN KAMERA NON METRIK PADA FOTOGAMETRI JARAK DEKAT

**Dimas Ricky Pratama, Teguh Hariyanto**

Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

Email : \_

### Abstrak

Citra yang ideal adalah citra yang merepresentasikan obyek secara sempurna tanpa terjadi degradasi kualitas. Namun tidak ada lensa yang dapat memenuhi hal tersebut. Kemampuan lensa dikatakan maksimum apabila sebuah lensa mereproduksi citra dari sebuah obyek hingga mencapai titik di mana detail citra sudah tidak dapat lagi direproduksi dari obyek. MTF (*modulation transfer function*) diukur sebagai patokan kemampuan lensa untuk membedakan antara daerah gelap dan terang pada obyek. Standar optik untuk pengukuran MTF menggunakan unit frekuensi spasial disebut "*line pair per millimeter*" atau lp/mm. Dengan mengetahui nilai MTF, sebuah citra dengan degradasi kualitas dapat ditingkatkan kualitasnya.

Kecerahan merupakan salah satu faktor penting dalam hasil MTF. Peningkatan kontras dengan meningkatkan perbedaan kecerahan antara obyek dan latar belakang benda dapat memberikan perbedaan informasi yang didapat. Manipulasi kontras dilakukan sebagai peregangan kontras dengan meningkatkan perbedaan kecerahan yang seragam di seluruh *dynamic range* dari citra. Dari informasi MTF suatu lensa dan perubahan nilai kontras dengan teknik *contrast stretching* akan menghasilkan sebuah citra dengan peningkatan kualitas sehingga interpretasi citra tersebut lebih fleksibel untuk menghasilkan informasi yang dibutuhkan.

Sebuah citra digital harusnya memiliki tingkat kecerahan yang optimum yaitu mulai dari gelap sampai terang. Hal tersebut ditandai dengan nilai *digital number* citra yang memiliki *range* 0 – 255. Dari hasil penelitian penggunaan kamera Canon Powershot A2200 menunjukkan perubahan *digital number* pada citra hasil perekaman yang sebelumnya memiliki rentang 10 - 255 untuk band merah dan biru menjadi 0 – 255 pada semua band dengan peningkatan nilai mean untuk tiap – tiap band : *Red*(115.2 menjadi 127.1), *Green*(111.4 menjadi 126.9) dan *Blue*(93.9 menjadi 129.5). Peningkatan nilai *digital number* tersebut menunjukkan bahwa adanya peningkatan kecerahan dari citra sebelumnya sehingga daerah yang sebelumnya gelap menjadi relatif terang.

**Kata Kunci:** MTF, kecerahan, *Contrast Stretching*, *digital number*, *band*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pada bidang fotogrametri, penggunaan kamera masih didominasi oleh kamera metrik analog yang harganya mahal. Hal tersebut dikarenakan dalam fotogrametri terutama dalam kebutuhan pemetaan, ketelitian geometrik dan interpretasi rona menjadi alasan utama. Sekarang ini teknologi kamera yang semakin berkembang menjanjikan penggunaannya yang lebih luas. Dimulai dari kamera analog hingga digital dengan fitur yang canggih, penggunaan kamera menjadi lebih fleksibel untuk berbagai kepentingan.

Dengan perkembangan yang semakin maju telah membuka peluang foto udara dengan kamera jenis ini. Terlebih penggunaan kamera non metrik dalam *Close Range Photogrammetry*.

Fotogrametri jarak dekat (*Close-range photogrammetry*) didefinisikan sebagai fotogrametri dengan pengambilan foto/citra pada jarak kurang dari 300 m dari objek atau permukaan bumi. (J. R. Williamson, 2007).

Teknik tersebut memiliki kelebihan terutama jika objek yang akan diukur sulit untuk dijangkau dan atau memiliki dimensi yang kecil. Selain itu, teknik ini memerlukan biaya yang relatif murah bila dibandingkan dengan fotogrametri jarak jauh karena jenis kamera yang digunakan adalah kamera non metrik yang merupakan kamera yang tidak didesain untuk keperluan pemotretan udara / pemotretan geometri. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk meneliti ketajaman hasil foto kamera digital murah dengan menganalisa tingkat kecerahan (*contrast level*)

sehingga dapat memadai untuk kepentingan fotogrametri jarak dekat.

### Rumusan Permasalahan

Dari uraian diatas permasalahan yang dihadapi adalah memperoleh informasi mengenai nilai histogram RGB band dan tingkat kecerahan sebelum dan sesudah adanya *citra restoration and enhancement*.

### Batasan Masalah/Ruang Lingkup

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah studi adalah daerah Jurusan Teknik Geomatika ITS, Surabaya.
2. Data yang digunakan adalah foto udara dari kamera non metrik digital dengan sensor CCD (Powershot A2200).
3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan wahana aeromodelling tanpa *gyro* (alat level kamera).
4. Ketinggian terbang kurang dari 300 m.
5. Metode yang digunakan dalam penajaman citra adalah metode *gaussian, median filtering, bicubic resampling*.

### Tujuan

Tujuan penulisan penelitian ini adalah :

1. Melakukan analisis untuk mengetahui apakah foto hasil kamera non metrik digital dapat digunakan untuk fotogrametri jarak dekat dari segi tingkat resolusi.
2. Melakukan analisis pola histogram tingkat kecerahan foto hasil pemotretan.

### Manfaat

1. Mengetahui kemampuan lensa kamera Canon Powershot A2200.
2. Mengetahui nilai histogram citra sebelum dan sesudah citra hasil *restoration* dan citra hasil *enhancement*.
3. Mendapatkan informasi nilai *digital number* citra sebelum dan sesudah restorasi citra maupun penajaman citra.
4. Memberikan suatu informasi mengenai kemampuan kamera non metrik digital terutama dari segi tingkat kecerahannya sebagai alternatif foto udara berbiaya murah.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Pacitan, Propinsi Jawa Timur paling selatan



Gambar 1. Lokasi Penelitian(Bappeda Pacitan, 2008)

### Data Dan Peralatan

#### - Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data foto udara (*aerial*) diambil dengan kamera non metrik dari wahana terbang dengan ketinggian < 300m.
2. Data foto *chart pattern* (USAF-1951 bar target).

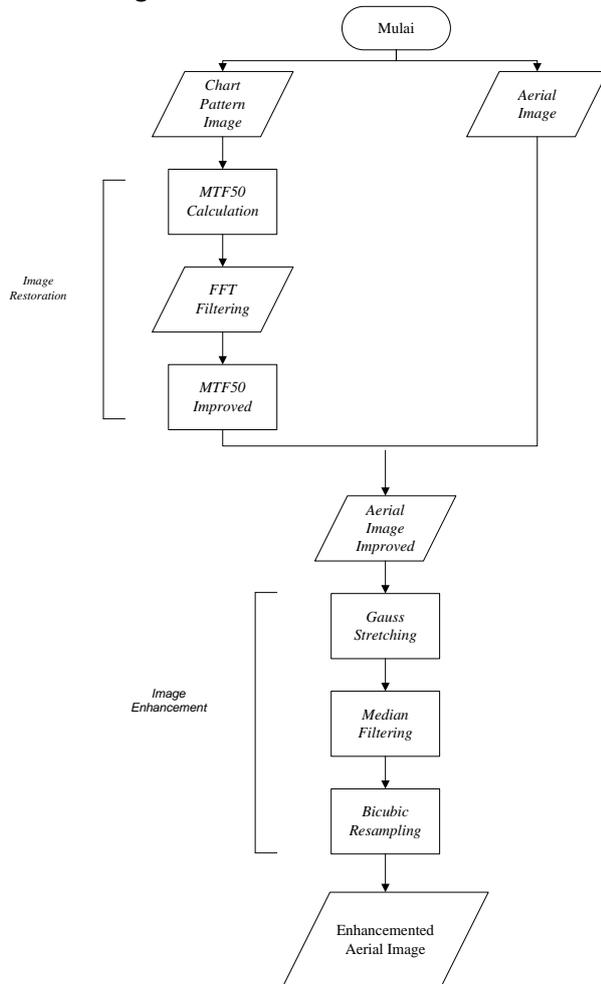
#### - Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - a. 1 unit *Notebook*
  - b. *Printer* Canon MP 2800
  - c. Kamera digital :
    - Canon Power Shot A2200 HD
    - *Effective pixel* 14.1 megapixel
    - *Sensor size* : 1/2.3" (6.17 x 4.55 mm)
    - *Sensor type* : CCD
  - d. Wahana *Aero Modeling*
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - a. ENVI 4.8
  - b. QuickMTF 2.0
  - c. ERMapper 7.1

**Diagram Alir Pengolahan Data**

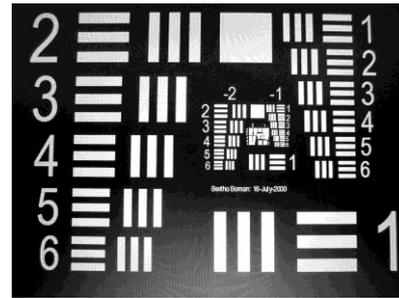
Adapun untuk diagram alir pengolahan data adalah sebagai berikut:



**Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data**

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir tahap pengolahan data:

- **Calibration Chart dan Citra foto udara**  
 Pada tahap ini dilakukan pengambilan dua macam data yaitu:
  - **Data Calibration Chart**  
 Data ini merupakan citra hasil perekaman chart kalibrasi oleh kamera Canon PowerShot A2200 menggunakan *bar target USAF-1951*.



**Gambar 3. Citra Calibration Chart (USAF-1951)**

*F stop* :  $f/2.8$   
*Eksposure time* :  $1/60 s$   
*ISO Speed* :  $ISO-320$   
*Focal Length* :  $5mm$   
*Resolusi (Pixel)* :  $4320 \times 3420$

- **Data Citra foto udara**  
 Merupakan data foto udara yang diambil oleh kamera PowerShot A220 menggunakan wahana *aeromodelling* tipe *horizontal flight* tanpa *gyro*.



**Gambar 4. Citra foto udara**

*F stop* :  $f/2.8$   
*Eksposure time* :  $1/1000 s$   
*ISO Speed* :  $ISO-80$   
*Focal Length* :  $5mm$   
*Resolusi (Pixel)* :  $4320 \times 3420$

- **Image Restoration**  
 Tahap ini meliputi penggunaan *Fourier Filtering* pada citra yang telah terukur nilai *MTF50*. Nilai *MTF50* adalah nilai modulasi citra yang kontrasnya turun 50%. Kontras yang turun sampai 50% merupakan kontras yang ideal untuk membedakan terang dan gelap pada sebuah citra.
  - MTF50 Calculation*  
 Nilai *MTF50* didapat dari pengolahan citra chart pattern menggunakan software Quick MTF 2.0.
  - FFT Filtering Chart*

Setelah didapat nilai  $MTF_{50}$  selanjutnya dilakukan *FFT Filtering*. Koreksi ini dilakukan pada citra difungsikan untuk membuat perbaikan kurva  $MTF$  citra. Metode *Fourier Transform* digunakan karena metode ini merupakan invers  $MTF$  terhadap  $PTF$  (*point transfer function*).

c. *MTF50 Improved*

Setelah melalui proses *filter* maka akan terlihat besaran modulasi yang berubah dan selanjutnya nilai tersebut *dioverlay* ke citra foto udara.

- *Image Enhancement*

- a. *Gaussian Stretching*

Dilakukan *contrast stretching* dengan metode *gaussian*. Hal ini dimaksudkan agar nilai histogram RGB band pada citra menjadi sesuai distribusi normal/gauss.

- b. *Noise Removing*

Dilakukan penghilangan *noise* pada citra dengan mengganti nilai  $DN$  *pixel noise* menjadi  $DN$  rata – rata pada sekeliling *noise*. Hal tersebut dilakukan menggunakan metode *median filtering*. Metode ini akan merubah nilai *pixel* di sekitar *noise* bernilai *median* di antara *pixel* tersebut.

- c. *Resampling*

*Resampling* adalah pembuatan *pixel* baru untuk memperbaiki gambar akibat *resizing*, hingga tampilan gambar menjadi lebih baik. Terdapat beberapa metode diantaranya *billinear* dan *bicubic*. *Billinear* merupakan metode yang mengacu pada 4 *pixel* yang berada di dekatnya, di bagian atas, bawah, kiri, dan kanan. Sedangkan *bicubic*, prinsip kerjanya sama dengan *billinear* namun metode *resampling* yang digunakan mengacu pada 16 *pixel* yang terdapat di sekitar *pixel* yang akan dibuat.

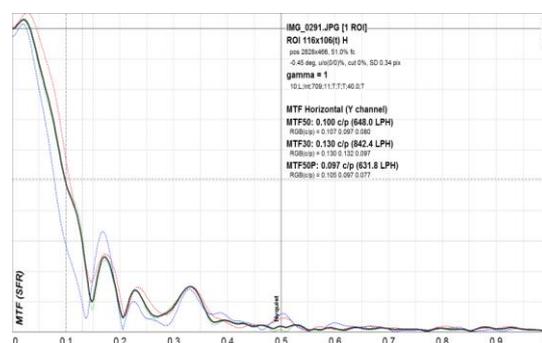
- *Enhancement Image*

Setelah proses restorasi dan penajaman gambar. Hasil gambar akan dianalisa.

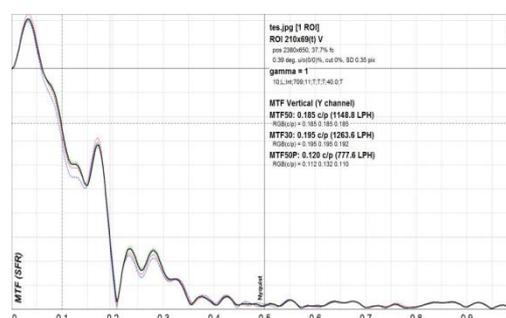
## ANALISA

### Hasil R (Line Per Mm) dan Mtf

Dari hasil proses pengolahan didapatkan data sebagai berikut :



Gambar 5. Nilai MTF sebelum FFT



Gambar 6. Nilai MTF setelah FFT

Dalam gambar di atas terlihat nilai modul RGB (garis – garis berwarna) mengalami sedikit simpangan dari nilai *modulation* (garis hitam) yang berarti bahwa radiometrik kamera yang digunakan memiliki sedikit simpangan dari warna sebenarnya. Untuk nilai *modulation* dihasilkan resolusi  $MTF_{50}$  : 0,100 c/p (648 LPH). Hal tersebut berarti pada kecerahan yang turun 50% nilai resolusi yang didapatkan adalah 0,100 cycle/pixel atau setara dengan 70,2 lp/mm.

Setelah dilakukan penggunaan *fourier transformation* pada citra, dan dilakukan pengukuran  $MTF$  ulang, maka didapatkan resolusi  $MTF_{50}$  : 0,185 c/p (1198 LPH) yang berarti resolusi bernilai 0,185 c/p atau setara dengan 129 lp/mm.

Sedangkan dalam pengukuran melalui rumus  $R = \frac{1}{2 \times p}$  dengan R adalah *line pair per mm* dan p adalah *pixel pitch*, didapatkan hasil resolusi sebesar 350,8 lp/mm. Hasil tersebut merupakan

hasil resolusi yang ideal untuk kamera dengan sensor berukuran 1/2,3" (6,17 x 4,5 mm). Hasil resolusi awal sebesar 70,2 lp/mm merupakan hasil yang cukup jauh dari resolusi ideal sebesar 350,8 lp/mm. Dengan penggunaan fourier transformation, dapat meningkatkan hasil resolusi citra sebesar 129 lp/mm.

**Analisa Citra foto udara Setelah FFT Filtering**

Berikut adalah perbandingan citra sebelum dan sesudah FFT Filtering.



Gambar 7. Citra sebelum FFT

**Tabel 1. Statistik band pada citra sebelum FFT**

Basic Stats	Min	Max	Mean
Band 1	10	255	115.196979
Band 2	10	255	111.434236
Band 3	0	255	93.898575



Gambar 8. Citra setelah FFT

**Tabel 2. Statistik band pada citra setelah FFT**

Basic Stats	Min	Max	Mean
Band 1	0	255	102.639111
Band 2	0	255	105.930294
Band 3	0	255	99.853564

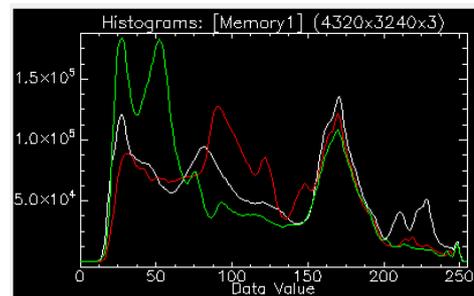
Berdasarkan tabel 2, nilai min-max pada band 1-3 bernilai 0-255, hal tersebut menandakan bahwa nilai radiometrik band telah terkoreksi dari hasil sebelumnya.

**Analisis Contrast Level Dengan Metode Gaussian Stretching**

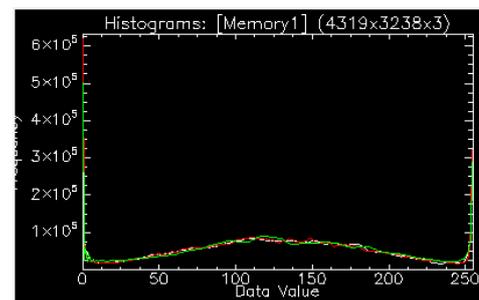
Berikut hasil citra setelah melalui proses gaussian stretching.



Gambar 9. Citra setelah Stretching Gauss



Gambar 10. Histogram Citra sebelum Stretching Gauss



Gambar 11. Histogram Citra setelah Stretching Gauss

**Tabel 3. Statistik band pada citra setelah Gaussian Stretching**

Basic Stats	Min	Max	Mean
Band 1	0	255	127.11118
Band 2	0	255	126.95095
Band 3	0	255	129.56001

Sebagaimana ditunjukkan oleh tabel dan citra di atas, terdapat perubahan nilai mean pada tiap band yang cenderung membesar nilai *digital numbers*. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan kecerahan pada citra dengan nilai digital number yang semakin membesar. Terlihat pada hasil citra bahwa di daerah bayangan gedung memiliki kecerahan yang lebih cerah bila dibandingkan dengan citra sebelumnya. Dan juga dapat terlihat pada vegetasi yang lebih cerah sehingga dapat dibedakan antara vegetasi rimbun dan tidak.

#### Analisis Noise Removal Dengan Metode Median Filtering

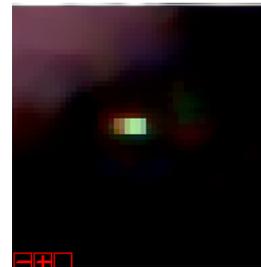
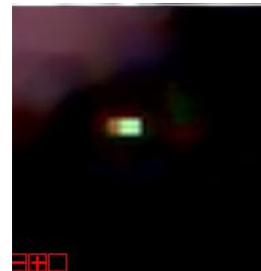
Dari proses median filtering menunjukkan perbandingan noise pada citra seperti pada gambar 12 dan gambar 13 dengan nilai kernel 5 x 5.

**Gambar 12. Noise Citra sebelum Median Filtering****Gambar 13. Noise Citra setelah Median Filtering****Tabel 4. Statistik band pada citra setelah Median Filtering**

Basic Stats	Min	Max	Mean
Band 1	0	255	127.04968
Band 2	0	255	126.88616
Band 3	0	255	129.50744

Pada citra 12 terlihat bahwa adanya reduksi noise yang cukup berarti dengan nilai statistik yang tidak terlalu berubah. Hal ini berarti bahwa removal noise tidak merubah nilai mean digital number secara signifikan sehingga nilai kecerahan citra tetap terjaga.

#### Analisis Smoothing Dengan Metode Bicubic Resampling

**Gambar 14. Citra Sebelum resampling****Gambar 15. Citra Sebelum resampling**

Dengan metode *bicubic resampling*, akan ada penghalusan pixel dengan membuat pixel baru. Pembuatan pixel mengacu pada 16 pixel yang berada di dekatnya. Dari warna pixel tersebut kemudian ditentukan pixel baru dengan warna yang merupakan warna campuran dari pixel sebelumnya.

Hal tersebut akan membuat citra terlihat lebih halus bila dibandingkan sebelumnya.

### Citra Hasil Penajaman

Dari citra hasil penajaman terlihat adanya peningkatan kecerahan pada bayangan gedung, sehingga vegetasi yang tertutup bayangan relatif lebih terlihat.



Gambar 16. Citra setelah penajaman

Dan juga pada paving parkir terlihat adanya pola daerah yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki permukaan yang berbeda.

Pada perbandingan citra 8 bit (*grayscale*) citra hasil *enhancement*, terlihat beberapa hasil bergantung pada band yang digunakan.



Gambar 17. Citra hasil *enhancement* dengan display *grayscale* pada band merah

Untuk band merah terlihat berpengaruh pada area yang tertimpa cahaya matahari. Pada area yang tertimpa cahaya matahari langsung akan meningkat kontrasnya.



Gambar 18. Citra hasil *enhancement* dengan display *grayscale* pada band hijau

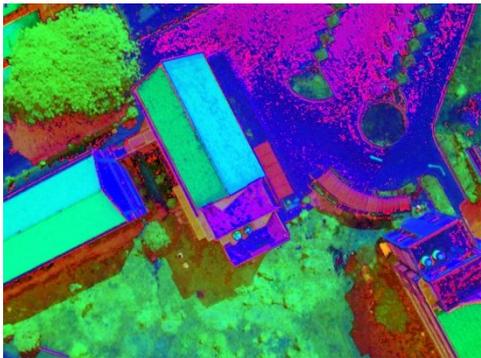
Untuk band hijau terlihat berpengaruh pada pola jalan yang berpasir dan vegetasi. Pada area tersebut detil citra terlihat meningkat.



Gambar 19. Citra hasil *enhancement* dengan display *grayscale* pada band biru

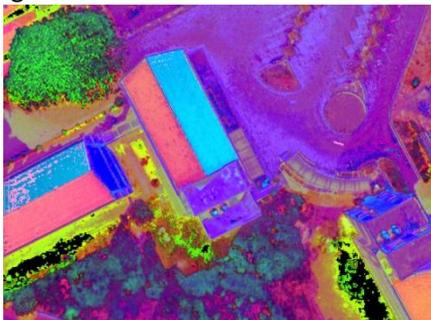
Untuk band biru terlihat adanya peningkatan detil pada area dengan bayang – bayang gedung bila dibandingkan dengan band yang lain. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa tiap band memiliki karakteristik tersendiri dalam proses radiometrik.

Untuk visualisasi lebih lanjut, dapat dilakukan perbandingan dengan konversi band RGB menjadi HSV (*hue-saturation-value*) dan HSL (*hue-saturation-lightness*). Hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut.

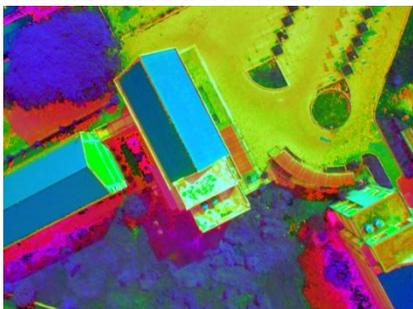


Gambar 20. Citra awal dengan transformasi warna RGB ke HSV

Pada transformasi warna citra dari RGB menjadi HSV terlihat adanya pengelompokan *pixel* warna yang terdekat. Dengan membandingkan antara citra awal dan citra *enhancement* pada pola warna HSV, dapat terlihat perbedaan signifikan antara permukaan area parkir dan atap bangunan. Area parkir pada gambar 3.15 terlihat tidak memiliki permukaan yang jelas dan batas area parkir mobil tidak terlihat, berbeda halnya dengan gambar 21.

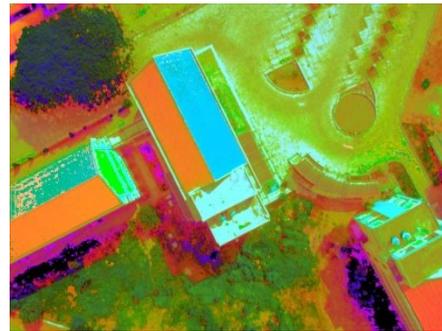


Gambar 22. Citra hasil *enhancement* dengan transformasi warna RGB ke HSV



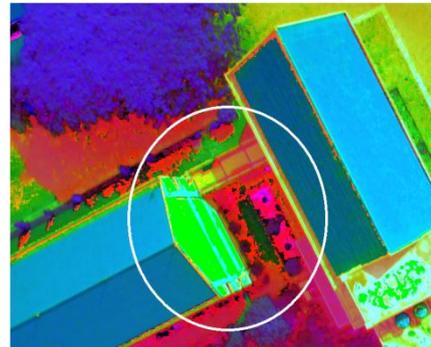
Gambar 23. Citra awal dengan transformasi warna RGB ke HSL

Dengan transformasi warna dari RGB ke HSL akan memiliki informasi lebih padadetil batas (*edge*) pada obyek di citra. Hal itu terlihat pada area bayang – bayang.

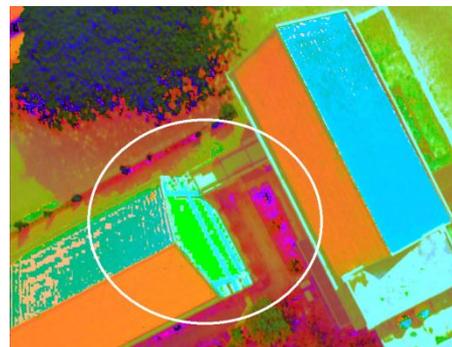


Gambar 24. Citra hasil *enhancement* dengan transformasi warna RGB ke HSL

Pada citra dengan transformasi warna dari RGB ke HSL memiliki karakteristik peningkatan visual pada area bayangan obyek, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 23 dan 24.

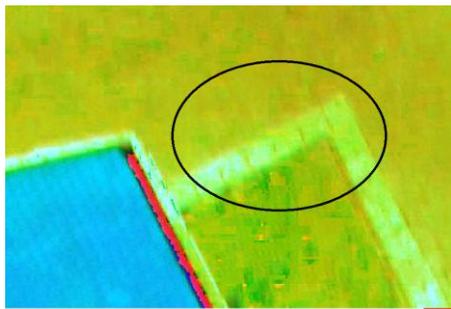


Gambar 25. *Zoom area* bayangan pada citra awal

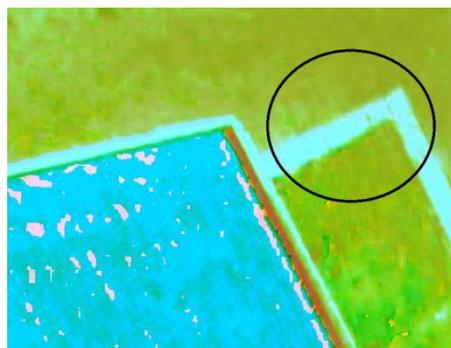


Gambar 26. *Zoom area* pada citra hasil *enhancement*

Pada gambar 26 terlihat adanya peningkatan visual pada area lingkaran putih apabila dibandingkan dengan gambar 25. Selain pada area bayang – bayang, transformasi warna HSL juga memiliki karakteristik peningkatan visual citra pada batas (*edge*) obyek. Hal tersebut dapat terlihat pada gambar 27 dan 28.

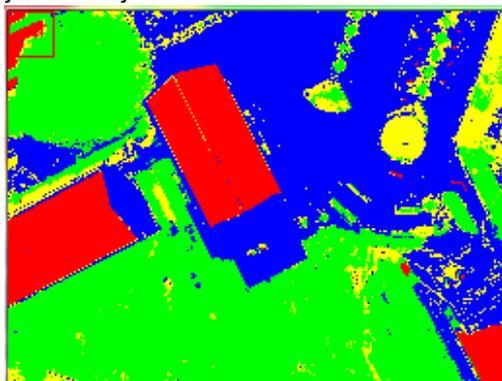


Gambar 27. Zoom area batas (*edge*) pada citra awal



Gambar 28. Zoom area batas (*edge*) pada citra hasil *enhancement*

Pada area lingkaran hitam antara gambar 29 dan 30 terlihat adanya peningkatan visual pada batas (*edge*) area yang sebelumnya kurang jelas menjadi lebih jelas.



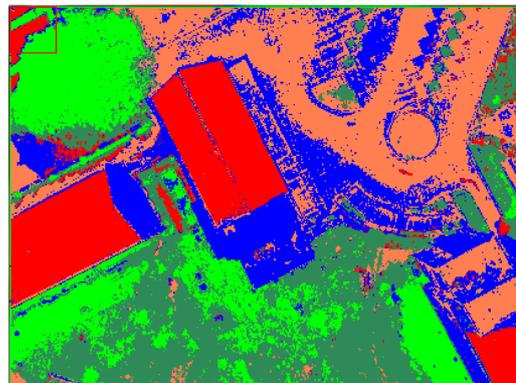
Gambar 29. Klasifikasi citra awal dg metode *supervised-maximum likelihood*

Tabel 5. Statistik klasifikasi pada citra

DN	Npts	Percent	Ket
1	1819834	13.001	Atap Bangunan
2	5780772	41.300	Vegetasi
3	5118977	36.572	Semen Bangunan/Paving
4	1277217	9.125	Pasir

Statistik yang didapat dari hasil klasifikasi menunjukkan bahwa foto udara yang digunakan memiliki hasil klasifikasi yaitu: vegetasi (41,3%), atap bangunan (13,0%), dan paving/semen

(36,57% ) dan permukaan yang tertutup pasir (9,13%)



Gambar 30. Klasifikasi citra dg metode *supervised-maximum likelihood*

Tabel 6. Statistik klasifikasi pada citra

DN	Npts	Percent	Ket
1	2008060	14.3466	Atap Bangunan
2	2500663	17.8660	Vegetasi rimbun
3	3336356	23.8366	Vegetasi semak
4	3372920	24.0978	Semen/Paving yang tertutup pasir
5	2778801	19.8531	Semen/Paving

Hasil statistik klasifikasi yang didapat dari citra hasil *enhancement* menunjukkan bahwa terdapat satu kelas tambahan dari kelas vegetasi yang terpecah menjadi vegetasi rimbun dan vegetasi semak.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Apabila dibandingkan dengan nilai resolusi kamera metrik Rollei D7 yang memiliki nilai resolusi 4,31 mikron maka ditinjau dari segi nilai resolusi foto, kamera Canon Powershot A2200 yang memiliki nilai resolusi 1,8 mikron, berpotensi untuk digunakan dalam kepentingan fotogrametri jarak dekat.
2. Penggunaan *gaussian stretching* menyebabkan perubahan nilai *mean* pada tiap band yang cenderung membesar nilai *digital number*nya yaitu :  
 R (115.2 menjadi 127.1)  
 G (111.4 menjadi 126.9)  
 B (93.9 menjadi 129.5)
3. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan kecerahan pada citra dengan

nilai *digital number* yang semakin membesar dan terlihat dari pola histogram yang menyerupai kurva *gauss*.

4. Dengan adanya proses penajaman (*enhancement*) dapat dihasilkan citra yang memiliki nilai informasi lebih dari sebelumnya terutama dari hal kontras warna.

#### Saran

1. Dibutuhkan penggunaan variasi metode *contrast stretching* agar didapat informasi yang berbeda sesuai kebutuhan.
2. Dibutuhkan adanya variasi pada waktu pengambilan data dengan wahana. Hal ini berkaitan dengan posisi matahari sehingga dapat mem-pengaruhi bayangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson. 1980. Developments in Close Range Photogrammetry-1. Applied Science Publishers. London
- Atkinson. 1996. Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Whittles Publishing. London
- Scotland, UK. Chandler, Fryer J G and Jack A. 2000. Metric Capabilities Of Low-Cost Digital Cameras For Close Range Surface Measurement. Photogrammetric Record, 17(9#), 200#
- Cahyono, A.B. dan Hapsari, H.H. 2008. Petunjuk Praktikum Fotogrametri 1. Laboratorium Fotogrametri. Program Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS.
- Clark, A.F., J. C. Woods and O. Oechsle , 2010, A Low-Cost Airbone Platform For Ecological Monitoring, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5, Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010.
- Daniel Carneiro Silva . 2006 Non-Metric Digital Cameras Images Versus High Resolution Satellites Images In Regions With High Cloudiness. Shaping the Change XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8-13, 2006.
- Daniel Carneiro da Silva and Ana Lúcia Bezerra Candeias. 2012. Color Restoration of Aerial Photographs. Federal University of Pernambuco Brazil
- Peipe, J & Stephanie, M. Perfomance Evaluation Of A 5 Megapixel Digital Metric Camera For Use In Architectural Photogrammetry. ISPRS Vol XXXIV, Part 5/W12
- S K Patra, Neeraj Mishra, R Chandrakanth, and R Ramachandran. 2002. I mage Quality Improvement through MTF Compensation - A Treatment to High Resolution Data. Advanced Data Processing Research Institute 203, Akbar Road, Manovikas Nagar Post, Secunderabad - 500 009
- Santoso, B. 2004a. Review Fotogrametri: Teknik Pengadaan Data & Sistem Pemetaan. Program Magister Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Fryer, J. G. 1985. Non-metric Photogrammetry and surveyors. Dept. of Civil Engineering and Surveying, University of Newcastle. N. S. W
- Gonzales, R & Woods, R. E. 2008. Digital Image Processing - An Adapted Version. Pearson Education Taiwan Ltd.
- Grenzdörffer, G.J., A. Engelb, B. Teichertc, 2008, The Photogrammetric Potential Of Low-Cost UAVs In Forestry And Agriculture, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.
- Haralick, R.M. & L.G. Shapiro (1992). Computer and Robot Vision Vol. II. Addison-Wesley Publishing Company, Sydney, 630p.
- Karara, H. 1989. Non-Topographic Photogrammetry, 2nd Ed. Bethesda, MD.:American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Pratt, William K. 2007. Digital QImage Processing (fourth edition).Wiley-Interscience.California
- Williams, Tom L. 1999. The Optical Transfer Function of Imaging Systems.Institute of Physics Publishing Bristol. CRC Press. United Kingdom.
- Williamson, James R. 2007. Close-Range Photogrammetry. 123 Photogrammetry. Pearland, Texas.
- Wolf, P.R., 1983, Elements of Photogrammetry, 2nd edition, McGraw-Hill Book Company, USA
- Wolf. P.R. 1993. Element of Photogrammetry, Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh. Gadjah Mada University Press. [http://focusnusantara.com/articles/menu\\_artikel.php](http://focusnusantara.com/articles/menu_artikel.php). Diakses pada 28 Februari 2012 pukul 10.30 WIB