

# KAJIAN KUALITAS KESEHATAN LINGKUNGAN PERMUKIMAN DI KECAMATAN PURWOKERTO BARAT KABUPATEN BANYUMAS DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT IKONOS

**Taufik Heriyawan**

STIKes Bina Cipta Husada

Jl. Pahlawan Gg. V No. 6 Purwokerto

[taufikherijawan@gmail.com](mailto:taufikherijawan@gmail.com)

**Abstrak:**Populasi penduduk di Kecamatan Purwokerto Barat pada periode 2010-2019 telah mengalami peningkatan sebesar 4.823 jiwa (dari 49.044 orang bertambah menjadi 53. 867 orang) dengan kepadatan penduduk rata-rata yang mengalami kenaikan dari 69 menjadi 73 penduduk per ha (kriteria populasi padat). Tidak terkontrolnya peningkatan kepadatan penduduk akan membawa permukiman padat dan kumuh yang tidak memenuhi kriteria kesehatan lingkungan permukiman, tetapi dapat menjadi sumber dan penyebar penyakit bagi penghuninya. Penelitian ini bertujuan untuk menilai akurasi dan manfaat citra satelit dalam mencegah kualitas kesehatan lingkungan permukiman, dan memetakan blok distribusi kelas kualitas kesehatan lingkungan permukiman di Kecamatan Purwokerto Barat. Metode penelitian dilakukan melalui interpretasi melalui citra Ikonos yang direkam 2008 yang dijadikan rujukan peta secara geometrik (*master map*) yang dikompilasikan dengan Citra Google (*slave map*) yang direkam pada Februari 2019 agar terkoreksi menurut kaidah geometrik. Sampel di lapangan diambil melalui: metode purposive stratified random sampling, kuesioner, uji akurasi interpretasi melalui tabel kontingensi dengan perhitungan konfusi matriks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: ketepatan interpretasi kualitas kesehatan lingkungan permukiman melalui citra satelit sebesar 91% (kategori akurasi tinggi), kualitas kesehatan lingkungan permukiman didominasi oleh kelas kualitas kesehatan menengah, diindikasikan memiliki kategori kualitas yang baik oleh 23%, kategori sedang 33%, kategori tidak baik 44%.

**Kata kunci:** Citra satelit, akurasi interpretasi, kelas kualitas kesehatan lingkungan permukiman

**Abstract:** Utilization study of ikonos satellite imagery to identify the settlement environmental health quality in the west purwokerto subdistrict Of banyumas regency. The population in the Western of Purwokerto Subdistrict in the period 2010-2019 increased by 4,823 people (from 49,044 people grew to 53. 867 people) with population density average grew from 69 to 73 inhabitants per ha (dense population criteria). Uncontrolled of increasing population density it will bring dense and slum settlements that do not meet the criteria for settlement environmental health, but can be a source and spreaders of disease for the dwellers. This study aims to assess the accuracy and benefits of satellite imagery in intercepting settlement environmental health quality, and mapping distribution block of settlement environmental health quality class in the West Purwokerto Subdistrict. Methods of research conducted interpretations through Ikonos imagery recorded 2008 compiled with Google imagery recorded in February 2019 that have been corrected geometry. Sample the real situation on the ground by the method of purposive stratified random sampling, questionnaire, test interpretation accuracy using contingency tables with confusion matrix calculation method. The results showed that: the accuracy of the interpretation of settlement environmental health quality through satellite imagery by 91% (high accuracy category), settlement environmental health quality is dominated by medium health quality class, indicated have good quality category by 23%, moderate category by 33%, not good category by 44%.

**Keywords:** Satellite imagery, interpretation accuracy, environmental health quality class of settlement

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Kecamatan Purwokerto Barat periode tahun 2010-2019 tercatat sebesar 4.823 jiwa (BPS Banyumas tahun 2010 dan 2019 ) menjadi 53.867 jiwa akan berdampak pada tumbuhnya permukiman baru. Perkembangan dan sebaran permukiman di perkotaan cenderung berjalan dengan cepat, apabila tidak termonitor dan terencana dengan baik akan menekan kualitas lingkungan yang ada. Hal ini akan memunculkan permukiman kumuh yang diindikasikan dengan adanya degradasi kualitas lingkungan yang akan menurunkan kualitas kesehatan bagi penghuninya. Langkah monitoring secara cepat dan berkala diperlukan agar pemegang kebijakan dapat mengevaluasi proses persebaran dan perkembangan kualitas kesehatan lingkungan permukiman perkotaan yang cenderung berubah cepat. Pemantauan untuk wilayah yang luas/sangat luas secara cepat, dengan perolehan data yang akurat dan presisi tidak mungkin dilaksanakan dengan mengandalkan survei terestrial. Untuk mengatasi kendala tersebut sangat dimungkinkan dengan memanfaatkan

teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografi.

Light (1993) menyatakan bahwa Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk keruangan dan seperangkat operasi untuk pengolahan data untuk melakukan modifikasi peta, pengukuran, monitoring, pemodelan manajemen data serta analisis keruangan yang sangat baik.

Davis (1986) menyatakan bahwa peta adalah alat esensial yang digunakan untuk perencanaan, karena peta akan mempermudah untuk mempresentasikan dan menganalisis secara keruangan. Estes (1992) mengemukakan bahwa pemanfaatan teknologi Penginderaan Jauh (Inderaja) dan SIG akan menghasilkan keputusan yang handal karena informasi keruangan terekspresikan sesuai dengan aktualita lapangan dan akan menghasilkan cara pengelolaan sumberdaya alam yang optimal. Data Penginderaan Jauh mampu menyajikan informasi secara spasial sebaran dan kondisi kualitas kesehatan lingkungan permukiman secara cepat dan simultan. Citra beresolusi spasial tinggi (0,25-

1meter) sangat baik dan diperlukan untuk mendapatkan informasi penting kawasan perkotaan/pinggiran kota (Jensen dan Cowen, 1999).

Citra satelit Ikonos memiliki resolusi spasial 0,8meter (kategori beresolusi spasial tinggi) akan mencapai skala pemetaan 1:1.600 (kategori pemetaan detail), sehingga dapat melakukan penyadapan sampai dengan petak rumah (Baja, 2011). Beberapa penelitian terdahulu tentang kajian kesehatan lingkungan melalui teledeksi/teknologi penginderaan jauh telah dilakukan Rahardjo (1989), Tatema *et.al* (2004). Adeline dan Barandi (2011), dan Rhinane *et.al* (2011). Rahardjo memanfaatkan foto udara pankromatik B/W skala 1 : 5.000 untuk memetakan kualitas lingkungan permukiman dikaitkan kondisi sosial ekonomi di Kotamadya Magelang dengan tingkat akurasi interpretasi tinggi (diatas 85%). Adeline dan Barandi menggunakan citra *Quickbird* memetakan kesehatan lingkungan permukiman dikaitkan dengan prioritas perbaikan kampung di Kecamatan Rawa Lumbu dengan keakurasian tinggi (di atas 88%). Rhinane *et.al* menggunakan citra *SPOT*

5 untuk memetakan kawasan kumuh perkotaan dikaitkan dengan kondisi kebersihan dan kesehatan penghuni di Cassablanca Maroko dengan keakurasian interpretasi 85%. Tatema *et.al.* menggunakan citra *Landsat TM*, citra JERS-1 dan citra SAR memetakan sebaran permukiman dan non permukiman, tutupan lahan, lokasi fasilitas medis, desa, sekolah dan pusat pasar di Kenya dengan keakurasian interpretasi 86,5%.

Hasil penelitian dan kajian yang diharapkan dengan memanfaatkan citra satelit beresolusi spasial tinggi Ikonos adalah mengkaji keakurasian citra (menggunakan *metode confusion matrix calculation* ) dan mengkaji kemampuan dan manfaat citra satelit Ikonos dalam menyadap variabel kualitas kesehatan lingkungan permukiman, kemudian memetakan agihan blok klas kualitas kesehatan lingkungan permukiman di Kecamatan Purwokerto Barat.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan dengan lokasi penelitian di Kecamatan Purwokerto Barat Kabupaten

Banyumas. Tahapan penelitian terdiri dari tiga tahapan:

### 1. Tahap persiapan

Tahapan persiapan meliputi koreksi geometrik citra, interpretasi citra, dan penentuan sampel. Interpretasi citra digunakan untuk menentukan satuan pemetaan berupa blok-blok kualitas permukiman berdasarkan keteraturan rumah, keseragaman kepadatan rumah. Penentuan klas kualitas setiap blok kualitas permukiman mengacu kepada pedoman dari Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Departemen Kesehatan (Noorhadi,1989), yang meliputi:

**Tabel.1.** Pedoman dari Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Departemen Kesehatan

No	Parameter	Klasifikasi	Kriteria	Skor
1	Kepadatan Rumah	Jarang	< 40 %	3
		sedang	40 - 70 %	2
		padat	> 70 %	1
2	Tutupan tajuk	rindang	> 50 %	3
		sedang	25 - 50 %	2
		jarang	< 25 %	1
3	Lebar jalan masuk	lebar	> 6 m	3
		sedang	4 - 6 m	2
		sempit	< 4 m	1
4	Kondisi permukaan jalan	Baik	> 50 %	3
		sedang	25 - 50 %	2
		buruk	< 25 %	1
5	Kerawanan banjir	tinggi	< 100	1
		sedang	100 - 300 m	2
		rendah	> 300	3
6	Jarak ke jln. utama	baik	> 200m	3
		sedang	100 - 200m	2
		buruk	< 100m	1
7	Jarak ke industri	baik	> 400m	3
		sedang	200 - 400m	2
		buruk	< 200m	1

Penentuan unit/blok/satuan delineasi kelas kualitas berdasarkan kriteriaan kepadatan blok permukiman (jarang, sedang, dan padat), yang kemudian setiap unit/blok diukur parameternya untuk menentukan total skor setiap blok kualitas permukimannya.

Pengklasasan kualitas kesehatan lingkungan permukiman berdasarkan interpretasi citra adalah :

**Tabel 2.** Pengkalasan kualitas kesehatan lingkungan

No.	Interval	Kriteria	Klas
1	17 - 21	Baik	I
2.	12 - 16	Sedang	II
3.	7 - 11	Buruk	III

Pengambilan sampel klas kualitas kesehatan lingkungan permukiman pada citra satelit dilakukan secara *stratified random sampling*, pada klas kualitasI, II, dan III, selanjutnya akan di *cross check* dengan realitas di lapangan.

### 2. Tahap Pelaksanaan terestrial /Survei Lapangan

Tahap pelaksanaan (pengambilan data lapangan) dilakukan untuk menilai kualitas permukiman secara terestris. Lokasi sampel blok kualitas permukiman terstris merujuk pada blok kualitas permukiman secara

interpretatif (melalui citra satelit). Variabel klas kualitas kesehatan lingkungan permukiman secara terestris/kondisi riil di lapangan mengacu Ditjen Cipta Karya Pekerjaan Umum (1999), meliputi:

**Tabel. 3** klas kualitas kesehatan lingkungan permukiman secara terestris/kondisi riil di lapangan

No	Parameter	Klasifikasi	Skor
1.	Sumber air bersih (Pengguna PDAM)	> 50 %	3
		25 - 50 %	2
		< 25 %	1
2.	Kondisi drainase berfungsi baik	> 50 %	3
		25 - 50 %	2
		< 25 %	1
3.	Kondisi riolering berfungsi baik	> 50 %	3
		25 - 50 %	2
		< 25 %	1
4.	Kepemilikan jamban (WC)	> 50 %	3
		25 - 50 %	2
		< 25 %	1
5.	Pengelolaan sampah oleh DCKKTR	> 50 %	3
		25 - 50 %	2
		< 25 %	1

Pengklasasan kualitas kesehatan lingkungan permukiman secara terestris adalah :

**Tabel.4** Pengklasasan kualitas kesehatan lingkungan permukiman secara terestris

No.	Interval	Kriteria	Kla
1.	13 – 15	Baik	I
2.	9 – 12	Sedang	II
3.	5 – 8	Buruk	III

### 3. Tahap akhir

Tahapan ini berupa uji akurasi interpretasi dan pembuatan peta kualitas kesehatan lingkungan permukiman di Kecamatan Purwoketo Barat Kabupaten Banyumas

#### a. Uji Akurasi Interpretasi

Uji ketelitian interpretasi menggunakan tabel matriks kontigensi untuk mengkaitkan klas kualitas permukiman secara interpretatif (melalui citra) dengan kondisi riil kualitas permukiman dilapangan. Ketelitian interpretasi menggunakan metoda *Confusion Matrix Calculation* (Sutanto, 1994).

$$MA = \frac{Xcr \text{ pixel}}{(Xcr + Xo + Xco)}$$

Keterangan :

MA: Ketelitian analisis/klasifikasi

Xcr : Jumlah piksel /site klas yang benar

Xo : Jumlah piksel /site  
klas X yang masuk ke  
klas lain (*ommission*)

Xco : Jumlah piksel /site  
klas X tambahan dari  
klas lain (*commision*)

Rerata ketelitian lebih dari 80%  
memiliki kategori ketelitian tinggi,  
apabila rerata 50%-80%  
dikategorikan sedang, di bawah 50%  
interpretasi dikategorikan  
rendah/gagal (Sutanto, 1994).

#### **b. Pembuatan Peta Kelas Kualitas Kesehatan Lingkungan Permukiman**

Peta kualitas kesehatan  
lingkungan permukiman dibuat  
setelah diperoleh hasil uji akurasi  
interpretasi memiliki kriteria baik.  
Peta kualitas yang terbentuk terdiri  
dari tiga kelas, yaitu: kelas kualitas  
baik, sedang, dan buruk.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Interpretasi Blok Kualitas Permukiman**

##### **1. Blok Permukiman Klas I (Kategori Baik)**

Blok I melalui interpretasi citra  
ditandai dengan pola permukiman

yang teratur, kepadatan permukiman  
yang rendah (untuk perkotaan tidak  
lebih dari 40%), tutupan vegetasi di  
atas 50%, lebar jalan dalam blok  
permukiman lebih dari 6 meter, dan  
jauh dari sumber polusi dan banjir.  
Secara terestris terlihat dengan  
suasana lingkungan yang lega,  
sejuk dengan tutupan pohon yang  
rindang, kondisi drainase, riolering  
tertutup baik dan terawat, sarana  
jamban keluarga yang sangat  
memadai, hampir seluruh KK  
memanfaatkan sumber air bersih  
dari PDAM, dan tidak adanya  
sampah yang tercecer di lingkungan  
karena sampah telah dikelola  
dengan baik (Gambar 1)



**Gambar 1.** Interpretasi citra satelit  
klas kualitas I dan realitas di  
lapangan

## 2. Blok Permukiman Klas II (Kategori Sedang)

Blok klas II melalui interpretasi citra ditandai dengan pola yang cukup teratur, kepadatan permukiman tidak terlalu padat (untuk perkotaan berkisar antara 40% - 70%), lebar jalan dalam blok permukiman 4 - 6 meter, tutupan vegetasi perindang sedang (25%-50%), dan cukup jauh dari sumber polusi dan banjir. Secara terestris terlihat cukup padat, tutupan pohon kurang rindang, drainase terbuka dan terdapat sampah di dalamnya, *riolering* terkadang bercampur dengan saluran drainase dan terkadang tidak terawat dengan baik, sarana jamban keluarga cukup memadai, hampir setengah KK memanfaatkan air bersih PDAM dan sebagian sumur gali, dan terkadang dijumpai sampah yang tercecer karena sebagian terkelola namun belum maksimal (Gambar 2)



**Gambar 2.** Interpretasi citra satelit klas kualitas II dan realitas di lapangan

## 3. Blok Permukiman Klas III (Tidak Baik)

Melalui interpretasi citra ditandai dengan pola permukiman tidak teratur, sangat padat (untuk perkotaan  $> 70\%$ ), lebar jalan dalam blok permukiman rata-rata  $< 2$  meter, sering ditemui  $< 1$  meter, tutupan vegetasi jarang ( $< 25\%$ ) terkadang tidak ada, biasanya terletak dintengah blok permukiman kampung klas II, di pinggir sungai, dekat pemakaman umum, dan sangat dekat dari sumber polusi dan banjir. Secara terestris dapat terlihat padat sampai sangat padat, jalan yang sempit yang lebar rata-ratanya kurang dari 2 meter, di lapangan sering ditemui gang sempit kurang dari 1 meter. Tutupan

pohon perindang < 25% - 0%, tidak ada saluran drainase dan riolering. Saluran drainase mengandalkan tapak yang ada di permukiman. Kondisi ini rawan terhadap timbulnya penyakit menular (Gambar 3).



**Gambar 3.** Interpretasi citra satelit klas kualitas III dan realitas di lapangan

### B. Uji Keakurasian Interpretasi

Keakurasian ditentukan setelah mengkaitkan antara blok interpretatif dengan realita blok di lapangan. Entri data secara menyilang memberikan gambaran bahwa, dari 144 sampel blok terinterpretasi sebanyak 13 blok kualitas kelas I, 62 blok kelas kualitas II, dan 69 blok kualitas kelas III, namun di lapangan ditemukan 14 blok kualitas kelas I, 61 blok kualitas kelas II dan 69 blok kualitas kelas III. Untuk menyederhanakan data disusun dalam

tabel matriks kontingensi sebagai berikut:

**Tabel 5.** Matriks kontingensi

No	Cek Lapangan	Hasil Interpretasi Citra			Total
		Kelas	Kelas	Kelas	
		I	II	III	
1.	Kelas I	12	2	0	14
2.	Kelas II	1	55	5	61
3.	Kelas III	0	5	64	69
Total		13	62	69	144

Berdasarkan tabel silang di atas, dengan menggunakan metoda *Confusion Matrix Calculation*, maka besar tingkat keakuratan interpretasi pada penelitian adalah:

$$MA = \frac{(12+55+64)}{(14+2+1+55+5+5+64)} \times 100 \% \\ = 91 \% \text{ (kategori ketelitian tinggi)}$$

Tingginya akurasi interpretasi citra, maka peta hasil memiliki reliabilitas dan dapat digunakan sebagai acuan untuk pengkajian terhadap kualitas kesehatan lingkungan permukiman di Kecamatan Purwokerto Barat.

### C. Peta Kualitas Kesehatan Lingkungan Permukiman

Hasil interpretasi citra satelit di Kecamatan Purwokerto Barat teridentifikasi 225 blok klas kualitas



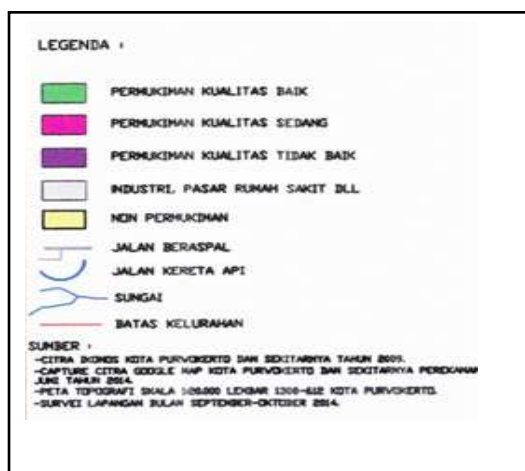
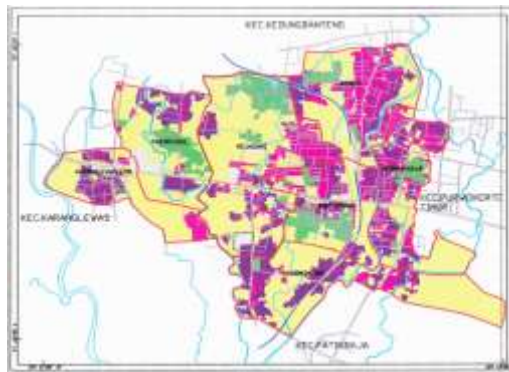
kesehatan lingkungan permukiman seluas 273,8 ha, terdiri dari 56,7ha (20,7%) berkualitas baik, 111,2ha (40,6%) berkualitas sedang, dan 105,9ha (38,7%) berkualitas tidak baik.

Peta hasil (Gambar 4) secara umum menunjukkan bahwa blok kelas kualitas permukiman berkualitas baik (warna hijau) cenderung terletak jauh dari sungai besar, jalan utama/propinsi (jalan Veteran dan jalan Yos Sudarso) dan industri, namun tidak jauh dari fasilitas umum (pusat pemerintahan, akses ke jalan utama, bank, pasar dan pusat perbelanjaan). Pengecualian pada blok kecil perumahan kelas baik di Kelurahan Pasirmuncang yang terletak di jalan Veteran.

Blok kualitas sedang cenderung berada di tepi jalan lingkungan permukiman dan membelakangi blok kualitas kelas tidak baik. Blok kelas sedang terlihat di Perumahan Griya Satria Mandalatama Karanglewas, permukiman di jalan KS Tubun bagian selatan, sepanjang jalan Suramenggala di perbatasan Bantarsoka bagian utara dan Rejasari bagian timur, dan di sepanjang jalan Kober.

Blok kualitas kelas tidak baik (warna ungu) cenderung terletak di

tengah permukiman kualitas sedang (warna magenta) yang sudah berkembang, terlihat di Kelurahan Karanglewas Lor, Bantarsoka, Rejasari, Kedungwuluh, dan Kober. Blok permukiman di pinggir sungai banyak dijumpai di Kelurahan Kober dan Kedungwuluh. Blok permukiman di pinggir rel kereta api terletak di Kelurahan Pasirmuncang, Bantarsoka, dan Rejasari bagian utara. Blok permukiman dekat pemakaman umum terletak di Rejasari, Kober, dan Kedungwuluh. Sedangkan blok permukiman yang berdekatan dengan industri terletak di Rejasari barat dan Pasirmuncang bagian barang. Wilayah kelurahan yang didominasi oleh kelas tidak baik terdapat di Pasirmuncang sebesar 74,1% dari luas wilayah, Karanglewas Lor sebesar 50,7%, Pasirkidul sebesar 48,1%, dan dominasi sebaran kelas kualitas II terdapat di Kelurahan Kober sebesar 61,6%, Kedungwuluh sebesar 52,3% dan Bantarsoka sebesar 40,5%. Dominasi sebaran kualitas kesehatan lingkungan kelas baik tidak ditemukan pada seluruh kelurahan di Kecamatan Purwokerto Barat. `



**Gambar. 4.** Gambar 4. Peta Klas Kualitas Lingkungan Permukiman Kecamatan Purwokerto Barat

## KESIMPULAN

Di Kecamatan Purwokerto Barat terindikasi permukiman seluas 273,85ha, berupa 20,7% berkategori baik, 40,6 % berkategori sedang, dan 38,7% berkategori tidak baik. Keakurasian interpretasi citra satelit dalam memetakan zona klas kualitas kesehatan lingkungan permukiman sebesar 91% (kategori ketelitian tinggi). Sehingga disimpulkan bahwa Kecamatan Purwokerto Barat tahun 2014 didominasi oleh permukiman yang memiliki klas kualitas kesehatan sedang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeline, V dan Barandi, S .2012. *Penggunaan Citra Quickbird dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Kesehatan Lingkungan Permukiman (Kasus di Kecamatan Rawa Lumbu, Bekasi)*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Baja, S. 2012. *Prencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah*. Andi, Yogyakarta.
- BPS dan Bappeda Kabupaten Banyumas. 2010 dan 2019. *Kabupaten Banyumas dalam Angka*. Pemerintahan Kabupaten Banyumas, Purwokerto.

- Davis, M.1986. *Uses of Air Photo For Rural and Urban Planning*. Agriculture handbook No. 315. US Government Printing Office, Washington.
- Estes, E.1992. Remote Sensing and GIS Integration : Research Needs Status and Trends. *ITC Journal* 1(1) : 2-9.
- Jensen, R and D.C. Cowen. 1999. Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio-Economic Attributes. *Journal Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 65(5) : 611-622.
- Light, L. 1993. The National Aerial Photography Program As A GIS. *Journal Photogrammetric Engineering, And Remote Sensing* 59(1):61-65.
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Presiden RI. 1999. *Undang-Undang RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Sekretariat Negara R.I, Jakarta.
- Rahardjo, N. 1989. *Penggunaan Foto Udara untuk Mengetahui Kualitas Lingkungan Permukiman di Kotamadya Magelang dalam Kaitannya dengan Kondisi Sosial Ekonomi Penghuni*. Tesis S2. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rhinane, H., A. Hilali, A. Berrada, M. Hakdaoui. 2011. Detecting Slums from SPOT Imagery Data in Casablanca Morocco Using an Object Based Approach. *Journal of Geographic Information System* 3 : 217-224.
- Sudjana. 2002. *Metoda Statistika*. PT. Tarsito, Bandung.
- Sugiyono.2010. *Statistika untuk Penelitian*. CV. Alfabeta, Bandung.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tatem, A.J., M.A. Noora, I. Simon, Haya.2004. Defining approaches to settlement mapping for public health management in Kenya using medium spatial resolution satellite imagery. *Journal Remote Sensing of Environment* 93:42–52