

PERBANDINGAN PEMANFAATAN CITRA SATELIT HASIL PEREKAMAN SENSOR AKTIF DAN PASIF UNTUK KLASIFIKASI HUTAN-NON HUTAN

Gede Ryan Pratama Yudha ^a

^a Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
gederyan310@gmail.com

ABSTRAK:

Klasifikasi hutan dan non-hutan secara efisien dapat dilakukan dari data penginderaan jauh baik data optis maupun data SAR. Data penginderaan jauh optis memiliki beberapa kanal multispektral dengan kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda sedangkan data SAR memiliki kelebihan dari segi kemampuannya dalam menembus awan dan hujan, dan sensornya yang merupakan sensor aktif (menyediakan sumber energi sendiri dan tidak tergantung oleh cahaya matahari) sehingga memungkinkan untuk dioperasikan baik pada siang maupun malam hari. Penelitian ini membandingkan hasil klasifikasi hutan dan non hutan wilayah Kabupaten Malang menggunakan data Landsat 8 OLI/TIRS dan data ALOS PALSAR. Klasifikasi data Landsat dilakukan dengan metode perhitungan indeks vegetasi NDVI (Normalized Different Vegetation Index) dan ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), sedangkan klasifikasi data ALOS PALSAR dilakukan dengan metode Random Forest Classifier. Hasil dari klasifikasi kedua data citra tersebut dibandingkan dengan peta kehutanan yang diperoleh dari Dinas Kehutanan Provinsi Jatim UPT PHW V Malang. Hasil dari pengolahan citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan menggunakan metode NDVI diperoleh luasan sebesar 233.952.269 ha pada kelas hutan dan 73.688.394 ha pada kelas non hutan, metode ARVI diperoleh luasan sebesar 235.184,967 ha pada kelas hutan dan 72.455,556 ha pada kelas non hutan, hasil pengolahan citra ALOS PALSAR diperoleh luasan sebesar 243.949 ha pada kelas hutan dan kelas non hutan mempunyai luas sebesar 105.434 ha, sedangkan luasan dari peta kehutanan diperoleh hasil sebesar 237.997,444 ha pada kelas hutan dan 111.385,556 ha kelas non hutan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan citra ALOS PALSAR memiliki selisih lebih mendekati dibandingkan dengan citra Landsat 8 OLI/TIRS.

Kata kunci: Hutan-non hutan, Landsat 8 OLI/TIRS, ALOS PALSAR, Klasifikasi, Perbandingan

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya

tidak dapat dipisahkan (UU No.41 Tahun. 1999). Dalam Undang-undang nomor 41 tahun 1999 tentang kehutanan, hutan mempunyai tiga fungsi, yaitu fungsi konservasi, fungsi lindung, dan fungsi produksi. Departemen Kehutanan dan Perkebunan (1999) menerangkan hutan lindung adalah hutan yang diperuntukan

bagi perlindungan tata tanah dan air bagi kawasan di sekitarnya. Hutan konservasi adalah kawasan hutan dengan ciri khas tertentu yang diperuntukan bagi perlindungan alam, pengawetan jenis-jenis flora dan fauna, wisata alam dan keperluan ilmu pengetahuan. Hutan produksi adalah hutan yang diperuntukan bagi produksi kayu dan hasil hutan lainnya untuk mendukung perekonomian negara dan perekonomian masyarakat. Fungsi-fungsi hutan yang sangat penting bagi lingkungan hidup perlu dijaga dari ancaman-ancaman yang dapat merusak kawasan hutan. Untuk memantau hutan diperlukan suatu informasi mengenai persebaran kawasan hutan, salah satu data yang dapat dimanfaatkan untuk memantau kawasan hutan yaitu penginderaan jauh. Data dari penginderaan jauh ini dapat diolah untuk menentukan kawasan hutan dan non hutan. Penginderaan jauh merupakan terjemahan dari istilah remote sensing, adalah ilmu, teknologi dan seni dalam memperoleh informasi mengenai objek atau fenomena di permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan objek atau fenomena yang dikaji, melainkan melalui media perekam objek atau fenomena yang memanfaatkan energi yang berasal dari gelombang elektromagnetik dan mewujudkan hasil perekaman tersebut dalam bentuk citra. Sumber energi dari penginderaan jauh dapat dibagi menjadi 2 yaitu sistem pasif dan aktif. Penginderaan jauh sistem aktif adalah sistem penginderaan jauh yang menggunakan energi yang berasal dari sensor tersebut, sedangkan penginderaan jauh sistem pasif adalah penginderaan jauh yang menggunakan energi yang berasal dari obyek (Avery, 1985). Data penginderaan jauh sensor aktif dan pasif ini nantinya dapat diolah untuk menentukan kawasan hutan dan non hutan dengan menggunakan metode klasifikasi dan perhitungan indeks vegetasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian latar belakang dapat diambil suatu rumusan masalah “Bagaimana perbandingan pemanfaatan citra satelit hasil sensor aktif dan pasif untuk klasifikasi hutan-non hutan?”.

1.3 Tujuan dan Manfaat

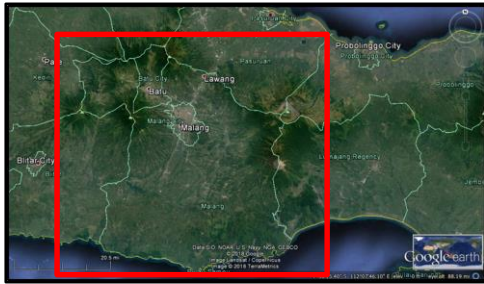
Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan dari pemanfaatan citra satelit hasil sensor aktif dan pasif untuk klasifikasi hutan-non hutan. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- A. Dapat memberikan informasi atau referensi bagi pemerintah dalam mendukung pengembangan konservasi kawasan hutan di Kabupaten Malang.
- B. Hasil dari penelitian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan stok karbon, memantau hutan dari ancaman deforestasi dan degradasi.
- C. Dapat memberikan sumber informasi peneliti untuk mengembangkan lebih jauh lagi mengenai teknologi penginderaan jauh.

1.4 Lokasi Penelitian

Kabupaten Malang adalah salah satu Kabupaten di Indonesia yang terletak di Propinsi Jawa Timur dan merupakan Kabupaten terluas kedua wilayahnya setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 Kabupaten/ Kota yang ada di Jawa Timur. Hal ini didukung dengan luas wilayahnya 3.493,83 km² atau sama dengan 349.383 ha. Kabupaten Malang juga dikenal sebagai daerah yang kaya akan potensi diantaranya dari pertanian, perkebunan, tanaman obat keluarga dan lain

sebagainya. Disamping itu juga dikenal dengan obyek-obyek wisatanya. Kabupaten Malang terletak pada $112^{\circ}17'10,90''$ sampai $112^{\circ}57'00''$ Bujur Timur, $7^{\circ}44'55,11''$ sampai $8^{\circ}26'35,45''$ Lintang Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber : *Google Earth*)

II. DASAR TEORI

II.1 ALOS PALSAR

ALOS PALSAR merupakan satelit yang diluncurkan pada tahun 2006 dan dikontrol oleh Jepang dengan misi pemantauan sumber daya alam. Dengan nama lengkap Advanced Land Observation Satellite – The Phased Array L-Band Synthetic Aperture RADAR ini menggunakan band L dalam melakukan pencitraan. Hal ini dilakukan karena band L dapat memiliki penetrasi terhadap awan, vegetasi, tanah dan juga lapisan es. Satelit ALOS PALSAR akan melakukan pencitraan pada daerah yang sama dengan selang waktu 46 hari. Sensor PALSAR beroperasi pada kisaran frekuensi 1,27 GHz dan melanjutkan misi Synthetic Aperture Radar (SAR) yang terpasang pada satelit JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite - 1), tetapi dilengkapi dengan berbagai perbaikan (Gao, 2009). Dalam melakukan pencitraan ALOS PALSAR terbagi menjadi tiga mode yaitu: high resolution mode (fine beam single dan fine beam dual), wide observation mode,

polarimetric observation mode. Data yang dihasilkan oleh ALOS PALSAR akan diubah sesuai dengan format CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) sebelum dipergunakan oleh pengguna. Data High Resolution Mode terbagi menjadi tiga format menurut tingkat pemrosesan data yang dilakukan oleh CEOS yaitu sebagai berikut (Indra, 2010).

1. Level 1.0 yaitu merupakan data ALOS PALSAR yang masih berupa data RAW. Pengolahan yang telah dilakukan oleh CEOS pada data level ini adalah membagi-bagi data menjadi citra-citra tertentu.
2. Level 1.1 yaitu merupakan data yang dikeluarkan oleh CEOS yang berupa SLC (Single Look Complex) dan MLI (Multi Look Image). Pada data level 1.1 sistem koordinat yang digunakan adalah slant range. Pembuatan interferogram dapat dilakukan dengan melakukan pengolahan data level ini. Pengolahan yang telah dilakukan oleh CEOS pada data level ini adalah range compression, autofocus, dan azimuth compression.
3. Level 1.5 yaitu merupakan data yang dikeluarkan CEOS dimana data InSAR tersebut telah dikonversi dari sistem koordinat slant range menjadi ground range sehingga data ini telah orthorectified image artinya citra ini tidak lagi diproyeksikan secara perspektif melainkan telah diproyeksikan secara tegak lurus.

II.2 Landsat 8

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang untuk pertama kali menjadi satelit pengamat bumi sejak 1972 (Landsat 1). Landsat 1 yang awalnya bernama Earth Resources Technology Satellite 1 diluncurkan 23 Juli 1972 dan mulai beroperasi sampai 6 Januari 1978. Generasi penerusnya, Landsat 2

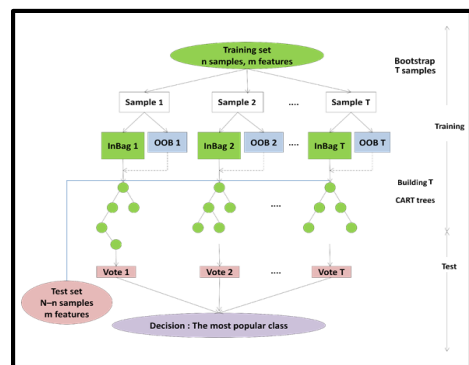
diluncurkan 22 Januari 1975 yang beroperasi sampai 22 Januari 1981. Landsat 3 diluncurkan 5 Maret 1978 berakhir 31 Maret 1983; Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982, dihentikan 1993. Landsat 5 diluncurkan 1 Maret 1984 masih berfungsi sampai dengan saat ini namun mengalami gangguan berat sejak November 2011, akibat gangguan ini, pada tanggal 26 Desember 2012, USGS mengumumkan bahwa Landsat 5 akan dinonaktifkan. Berbeda dengan 5 generasi pendahulunya, Landsat 6 yang telah diluncurkan 5 Oktober 1993 gagal mencapai orbit. Sementara Landsat 7 yang diluncurkan April 15 Desember 1999, masih berfungsi walau mengalami kerusakan sejak Mei 2003 (Campbell, 2013).

Satelit landsat 8 memiliki sensor Onboard Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7 (Campbell, 2013).

II.3 Random Forest Classification

Random Forest merupakan suatu kumpulan dari beberapa tree, dimana masing-masing tree bergantung pada nilai piksel pada tiap vektor yang diambil secara acak dan independen. Random forest tidak berkecenderungan untuk overfit dan dapat melakukan proses dengan cepat, sehingga memungkinkan untuk memproses tree sebanyak yang diinginkan oleh pengguna (Breiman and Cutler, 2005). Random Forest akan melakukan training terhadap sampel data. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara sampling with replacement. Sebanyak sepertiga dari sampel akan

digunakan untuk menentukan data out of bag (OOB). Penentuan data out of bag dilakukan untuk mengestimasi error dan menentukan variable importance. Variabel yang akan digunakan untuk menentukan pemisahan (split) terbaik ditentukan secara acak. Setelah seluruh tree terbentuk, maka proses klasifikasi akan berjalan. Penentuan kelas dilakukan dengan cara voting dari masing-masing tree, kelas dengan jumlah vote terbanyak akan menjadi pemenangnya (Breiman, 2001).



Gambar 2. Lokasi Penelitian (Sumber: Guo, 2011)

II.4 Normalized Different Vegetation Index (NDVI)

Indeks vegetasi atau NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (Near-Infrared Radiation) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer 1997). Menurut Ryan (1997), perhitungan NDVI didasarkan pada prinsip bahwa tanaman hijau tumbuh secara sangat efektif dengan menyerap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak (PAR atau Photosynthetically Aktif Radiation), sementara itu tanaman hijau sangat memantulkan radiasi dari daerah

inframerah dekat. Konsep pola spektral di dasarkan oleh prinsip ini menggunakan hanya citra band merah adalah sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

NIR = radiasi inframerah dekat dari piksel.

Red = radiasi cahaya merah dari piksel

Nilai NDVI berkisar dari -1 sampai +1, dimana nilai -1 – 0,01 umumnya merupakan perairan atau awan, nilai antara 0,01 – 0,25 umumnya merupakan karakteristik dari bebatuan, pemukiman, dan lahan kosong, permukaan vegetasi yang memiliki rentang nilai NDVI antara 0,25 – 0,64 berupa sabana, padang rumput, sawah, perkebunan, hingga nilai 0,64 – 0,8 diidentifikasi sebagai hutan dengan vegetasi tinggi (Ryan, 1997).

II.4 Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)

Indeks ini adalah perangkat tambahan untuk NDVI yang relatif tahan terhadap faktor atmosfer (misalnya, aerosol). Menggunakan pantulan biru untuk mengoreksi pantulan merah untuk hamburan atmosfer (Kaufman dan Tanre, 1992).

$$ARVI = \frac{BVNIR-rb}{BVNIR+rb} \dots\dots\dots(2)$$

dimana,

$rb = BVred - \gamma (BVred - BVblue)$,
 nilai γ adalah 1 (Jensen, 2005).

Nilai indeks ini berkisar dari -1 sampai 1, dengan nilai-nilai pixel yang lebih tinggi sesuai dengan sehat dan hijau vegetasi (Kaufman dan Tanre, 1992). Nilai -1 –

0,01 umumnya merupakan perairan atau awan, nilai antara 0,01 – 0,25 umumnya merupakan karakteristik dari bebatuan, permukiman, dan lahan kosong, permukaan vegetasi yang memiliki rentang nilai antara 0,25 – 0,45 berupa sabana, padang rumput, sawah, perkebunan, hingga nilai 0,45 – 0,8 diidentifikasi sebagai hutan dengan vegetasi tinggi (Ryan,1997). Indeks vegetasi ini dikembangkan dengan cara menerapkan normalisasi terhadap radiansi disalurkan biru, merah, dan inframerah dekat (Jensen, 2005).

II.5 Uji Akurasi Klasifikasi Citra Satelit

Dalam pengolahan data citra satelit sangat perlu dilakukannya uji akurasi data. *Confusion matrix* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja suatu metode klasifikasi. Pada dasarnya *confusion matrix* mengandung informasi yang membandingkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi yang seharusnya (Wicaksono, 2010).

$$Overall\ accuracy(\%) = \frac{Jumlah\ Data\ Benar}{Jumlah\ Sampel} \dots(3)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Alat dan Bahan

Adapun persiapan yang dilakukan adalah persiapan alat dan bahan yang meliputi data dan peralatan yang dipakai untuk pengolahannya, diantaranya adalah :

A. Data Spasial

Berikut ini adalah data spasial yang akan digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

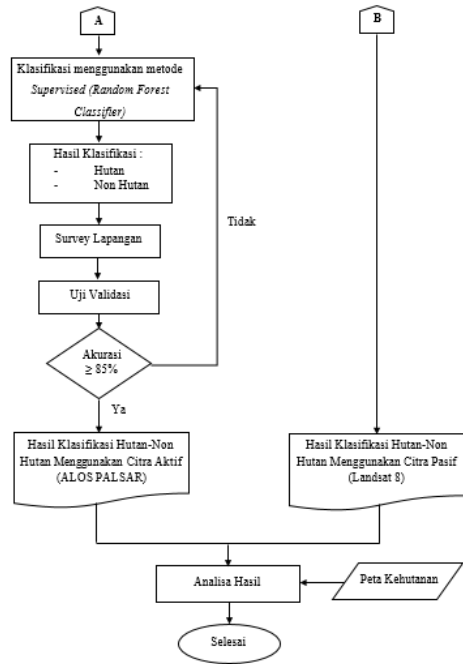
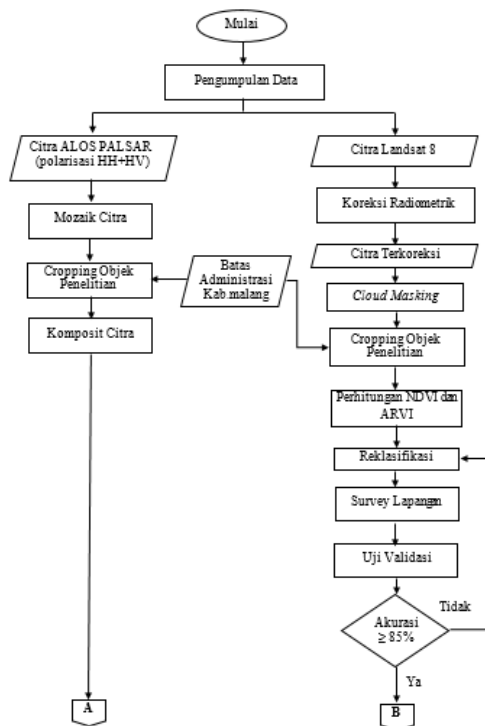
- Batas Adminitrasi Kabupaten Malang dari BAPPEDA Kab. Malang.
- Peta Kehutanan Kabupaten Malang Tahun 2016 dari Dinas Kehutanan Provinsi Jatim UPT PHW V Malang.
- Citra Landsat 8, Path 118 Row 65 dan 66, 02 Juni 2016.
- Citra ALOS PALSAR Tahun 2016 (resolusi 25m).

B. Perangkat Keras (Hardware)

Adapun perangkat keras (hardware) yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

- Laptop yang terdiri dari perangkat lunak untuk memproses dan mengolah data (Envi 5.3, SNAP 6.0, dan ArcGIS 10.3).
- GPS Handheld (GARMIN GPS MAP 78S)
- Alat Tulis
- Kamera

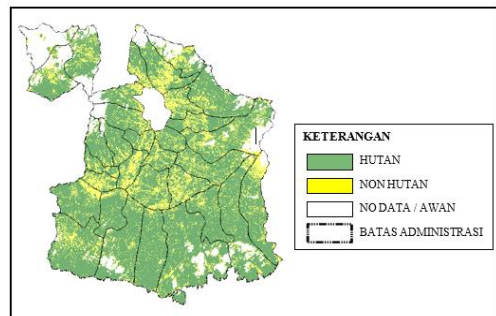
III.2 Diagram Alir Penelitian



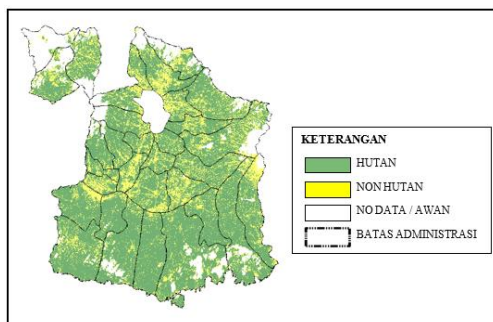
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Klasifikasi NDVI, ARVI, dan Random Forest Classification

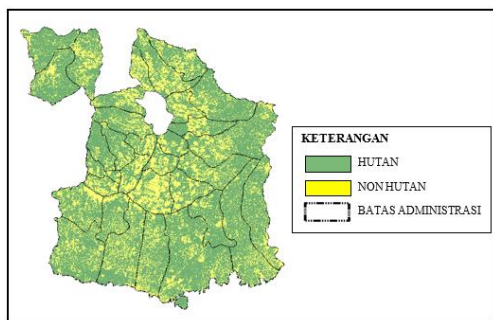
Hasil pengolahan citra yang dilakukan adalah citra Landsat 8 OLI/TIRS dan ALOS PALSAR tahun 2016. Kedua citra tersebut dilakukan proses klasifikasi hutan dan non hutan, lalu dibandingkan hasil luasannya dengan peta kehutanan dari Dinas Kehutanan Provinsi Jatim UPT PHW V Malang.



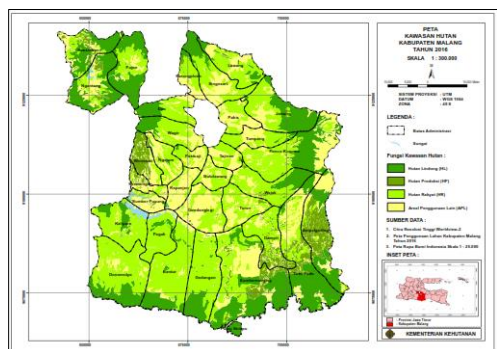
Gambar 3. Hasil Klasifikasi NDVI Citra Landsat 8 OLI/TIRS



Gambar 4. Hasil Klasifikasi ARVI Citra Landsat 8 OLI/TIRS



Gambar 5. Hasil Klasifikasi Supervised (Random Forest Classifier) Citra ALOS PALSAR



Gambar 6. Peta Kehutanan Kabupaten Malang

IV.2 Hasil Perbandingan Luas

Hasil klasifikasi hutan dan non hutan dari kedua citra satelit yaitu citra Landsat 8 OLI/TIRS dan ALOS PALSAR, selanjutnya akan dibandingkan luasannya dengan peta kehutanan yang diperoleh dari Dinas Kehutanan Provinsi Jatim UPT PHW V Malang. Berikut adalah tabel

perbandingan luasan hasil klasifikasi citra dengan peta kehutanan.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Luasan Hasil Klasifikasi Hutan dan Non Hutan Citra Landsat 8 OLI/TIRS dan ALOS PALSAR Dengan Peta Kehutanan m

KELAS	LANDSAT 8 OLI/TIRS		ALOS PALSAR (HA)	PETA KEHUTANAN (HA)	SELISIH		
	NDVI (HA)	ARVI (HA)			NDVI (HA)	ARVI (HA)	ALOS PALSAR (HA)
HUTAN	233.952,269	235.184,967	243.949	237.997,444	-4.045,175	-2.812,477	5.951,556
NON HUTAN	73.688,394	72.435,556	105.434	111.385,536	-37.697,163	-38.930	-5.951,556
AWAN	41.742	41.742	X	X	X	X	X
TOTAL	349.383	349.383	349.383	349.383	-41.742	-41.742	0

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa hasil perbandingan luas dari citra Landsat 8 dengan metode NDVI mempunyai selisih -4.045,175 ha pada kelas hutan dan -37.697,163 ha kelas non hutan, kemudian perbandingan luasan pada metode ARVI mempunyai selisih sebesar -2.812,477 ha pada kelas hutan dan -38.930 ha kelas non hutan, sedangkan untuk selisih luasan dari hasil klasifikasi citra ALOS PALSAR yaitu 5.951,556 ha pada kelas non hutan, dan -5.951,556 ha kelas non hutan. Jika dilihat dari hasil perbandingan diatas, citra Landsat 8 OLI/TIRS masih mempunyai selisih luasan yang cukup besar, karena banyak daerah yang tidak dapat teridentifikasi akibat tutupan awan. Pada citra ALOS PALSAR selisih kelas hutan masih mempunyai kelebihan luasan sebesar 5.591,556 ha, dimana seharusnya kelebihan luasan tersebut masuk kedalam kelas non hutan. Kesalahan klasifikasi pada citra ALOS PALSAR disebabkan karena hasil dari komposit false colour, dimana hasil komposit tersebut warnanya tidak sesuai dengan warna dilapangan. Komposit tersebut menyebabkan kesulitan dalam menginterpretasi tutupan lahan hutan dan non hutan pada citra ALOS PALSAR.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian “Perbandingan Pemanfaatan Citra Satelit Hasil Perekaman Sensor Aktif Dan Pasif Untuk Klasifikasi Hutan-Non Hutan” didapatkan kesimpulan bahwa, hasil dari pengolahan citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan menggunakan metode NDVI diperoleh luasan sebesar 233.952.269 ha pada kelas hutan dan 73.688.394 ha pada kelas non hutan, metode ARVI diperoleh luasan sebesar 235.184,967 ha pada kelas hutan dan 72.455,556 ha pada kelas non hutan, hasil pengolahan citra ALOS PALSAR diperoleh luasan sebesar 243.949 ha pada kelas hutan dan kelas non hutan mempunyai luas sebesar 105.434 ha, sedangkan luasan dari peta kehutanan diperoleh hasil sebesar 237.997,444 ha pada kelas hutan dan 111.385,556 ha kelas non hutan. Hasil perbandingan luas dari citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan metode NDVI mempunyai selisih -4.045,175 ha pada kelas hutan dan -37.697,163 ha kelas non hutan, kemudian perbandingan luasan pada metode ARVI mempunyai selisih sebesar -2.812,477 ha pada kelas hutan dan -38.930 ha kelas non hutan, sedangkan untuk selisih luasan dari hasil klasifikasi citra ALOS PALSAR yaitu 5.951,556 ha pada kelas non hutan, dan -5.951,556 ha kelas non hutan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan klasifikasi citra ALOS PALSAR menggunakan metode random forest classifier memiliki selisih lebih mendekati dibandingkan dengan klasifikasi citra Landsat 8 OLI/TIRS metode ARVI dan NDVI.

V.2 Saran

Adapun saran yang dapat di ambil dari hasil penelitian ini ialah penggunaan citra untuk klasifikasi hutan dan non hutan sebaiknya menggunakan citra aktif resolusi tinggi, karena pada citra aktif tidak

terpengaruh oleh tutupan awan maupun gangguan dari atmosfer.

DAFTAR PUSTAKA

- Andree, E. (2008). Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWIS dan Open source. World Agroforestry Centre ICRAF South East Regional Office, Bogor.
- Anonim, (2014). (ASF User Guide). URL:<https://www.asf.alaska.edu/datasets/ols/mapready>, (diakses 13 Juni 2018).
- Arhatin, (2010). Modul Pelatihan Pembangunan Indeks Kerentanan Pantai. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Arief, M. Dkk. (2010). Inventarisasi Tutupan Lahan Menggunakan Satelit Penginderaan Jauh ALOS dengan Metode Klasifikasi Tetangga Terdekat Study Kasus: Jawa Barat, Pusat Pengembangan dan Teknologi Penginderaan Jauh. LAPAN, Jakarta.
- Avery, T.E. (1985). Interpretation of Aerial Photographs. Graydon Lennis Berlin, Germany.
- BIG, (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014: Pedoman teknis ketelitian peta dasar.
- Breiman, Leo, (2001). Random Forests. University Of California At Berkeley
- Breiman, L., and A. Cutler. (2005). Random Forests http://www.stat.berkeley.edu/users/breiman/RandomForests/cc_home.htm (diakses tgl 27 Juli 2018).
- Campbell, J.B. (1987). Introduction To Remote Sensing : Third Edition. New York: The Guilford Press.
- Campbell, J.B. (2013). Landsat 8 Set to Extend Long Run of Observing Earth. Diakses pada tanggal 24 Februari 2018, dari <http://www.usgs.gov/>.
- Chein-I Chang dan H.Ren, (2000). An Experiment-Based Quantitative and

- Comparative Analysis of Target Detection and Image Classification Algorithms for Hyperspectral Imagery. *IEEE Trans, on Geoscience and Remote Sensing*.
- Danoedoro, P. (1996). *Pengolahn Citra Digital dan Klasifikasi di Bidang Penginderaan Jauh. Bahan Ajar Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.*
- Danoedoro, P. (2012). *Pengolahan Citra Digital : Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.*
- Departemen Kehutanan, (1989). *Pedoman Pengelolaan Hutan Rakyat Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, Departemen Kehutanan.*
- E. Prasetyo. (2012). *Data Mining: Konsep dan Aplikasi menggunakan Matlab, 1 ed. Yogyakarta: Andi Offset.*
- Estes, J. E and Simonett, D. S. (1994). *Fundamentals of Image Interpretation, In Manual of Remote Sensing. The American Society of Photogrammetry. Falls Church. Virginia.*
- Gao, J., (2009). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery (New York: McGraw Hill).*
- Guo. (2011). *Random Forest, Machine Learning, 45:5-32. Chapman & Hall: New York.*
- Handayani, N. (2013). *Identifikasi Perubahan Kapasitas Panas Kawasan Perkotaan Dengan Menggunakan Citra Landsat TM/ETM+ (studi kasus : Kodya Bogor). Skripsi. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA IPB.*
- <http://Bappeda.malangkab.go.id>. (diakses tanggal 21 Juni 2018).
- <http://www.info-geospasial.com>. (diakses tanggal 19 Juni 2018).
- Indrawati, L. (2009). *Penginderaan Jauh Sistem Aktif. Materi Kuliah. Yogyakarta: Program Diploma Penginderaan Jauh dan SIG UGM.*
- Indriyanto. (2010). *Ekologi Hutan. Jakarta: PT. Bumi Aksara.*
- JAXA, 2006. *ALOS: User Handbook. Earth Observation Research Center. Japan Aerospace Exploration Agency. Japan.*
- Jensen, J.R. (1996). *Introduce Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, 2nd Edition. Prentice Hall Inc, New Jersey.*
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.*
- Kuenzer, C. & Dech, S., (2013). *Theoretical Background of Thermal Infrared Remote Sensing. In: C. Kuenzer & S. Dech, eds. Thermal Infrared Remote Sensing: Sensors, Methods, Applications. Dordrecht Heidelberg New York London: Springer , pp. 1-26.*
- Lillesand T.M dan R.W. Kiefer. (1997). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Terjemahan Fakultas Geografi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.*
- Lillesand T.M dan R.W. Kiefer. (1998). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Diterjemahkan : Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, Suharyadi. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.*
- Lindgren D.T. (1985). *Land Use Planning and Remote Sensing, Martinus Nijhoff Publishers, Doldrecht.*
- Lintz J.Jr., dan D.S. Simonett. (1994). *Remote Sensing of Environment. AddisonLondon:Wesley Publishing Company*
- Mather, P.M., (1987). *Computer Processing of Remotely Sensed Images: AnIntroduction. John Wiley & Sons, New York: 111 hal.*

- Mather, P.M. (2004). *Computer Processing of Remotely Sensed Data: An Introduction*, 3rd edition, Brisbane: John Wiley and Sons.
- M. Sokolova dan G. Lapalme. (2009). "A systematic analysis of performance measures for classification tasks," *Inf. Process. Manag.*, vol. 45, no. 4, hal. 427–437.
- Murdiyanto, B. (2003). *Mengenal, Melestarikan, dan Memelihara Ekosistem Bakau*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Prasetyo, E. (2012). *DATA MINING – Konsep dan Aplikasi menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi.
- Ryan, L. (1997). *Creating a Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) image Using MultiSpec*. University of New Hampshire.
- Short, N. M. (1982). *Landsat Tutorial Workbook-Basics of Satellite Remote Sensing NASA*, Washington DC.
- Spesifikasi ALOS PALSAR.URL: <http://en.alos-pasco.com/alos/palsar/>. (Diakses tanggal 24 Februari 2018)
- Supriatna dan Sukartono, Wahyu. (2002), *Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit*. Buletin Teknik Pertanian Vol. 7. Nomor 1, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sutanto. (1992). *Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Kawasan Industri*. Kursus Evaluasi Kesesuaian Lahan. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Sutanto. (1994). *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sutanto. (1995). *Penginderaan Jauh Dasar Jilid II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sutoyo, T. dkk. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Shimada, Masanobu, Osamu Isoguchi, Takeo Tadono, dan Kazuo Isono. (2009). *PALSAR Radiometric and Geometric Calibration*. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 47, No. 12, Desember 2009 391.
- Shimada, Masanobu, M. Watanabe, T. Motooka, T. Shiraiishi, R. Thapa. (2012). *Stability Of Gamma-Naught And The Palsar Based Forest Mrv System*. Japan : JAXA; EORC GEOS-AP Forest Session, April 3 2012.
- Tim Penyusun Spatial Database Analysis Facilities (SDAF). (2013). *Spatial Database Analysis Facilities (SDAF)*, Laboratorium Analisis Lingkungan dan Permodelan Spasial. Bogor: Departemen Konservasi Sumber Daya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
- Townsend, J.R.G. (1980). *The Spatial Resolving Power of Earth Resources Satellites: A Review*. Nasa technical Memorandum 82020. Greenbelt. Maryland : Goddard Spaceflight Center.
- Wicaksono, P. (2010). *Integrated Model of Water Column Correction Technique for Improving Satellite-Based Benthic Habitat Mapping*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.

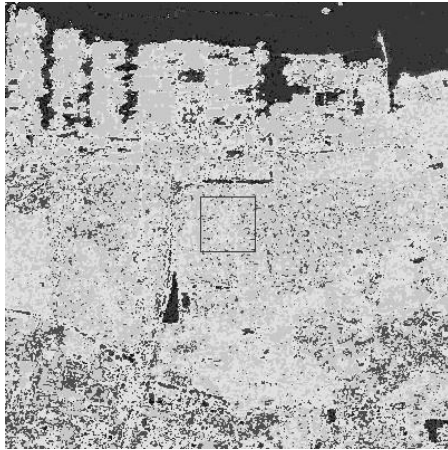
Gambar 3. Rule yang dibangun oleh algoritma QUEST.

Tabel 2. Akurasi klasifikasi berbasis data testing.

	Tarmac	Air	Permukiman Teratur	Permukiman Tidak Teratur	RTH Pertanian	RTH Non Pertanian
Tarmac	2.91	100	0	0	65.74	0
Air	5.83	0	0	0	7.41	0
Permukiman Teratur	0.97	0	73.55	20.39	0	11.54
Permukiman Tidak Teratur	3.88	0	11.57	73.79	0	11.54
RTH Pertanian	23.3	0	0	0	26.85	0
RTH Non Pertanian	63.11	0	14.88	5.83	0	76.92

Permukiman yang memiliki pantulan yang khas yaitu pantulan sudut (corner reflection) memiliki pola yang cukup khas dengan kekuatan sinyal balik yang tinggi. Pantulan ini dicirikan dengan rona yang putih pada berbagai polarisasi yang digunakan. Ruang terbuka hijau dengan bentuk lahan pertanian terlihat mirip dengan tarmac yang memiliki pantulan spekular. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang yang digunakan adalah L-band yang memiliki daya tembus yang lebih tinggi. Dengan

tinggi dan kanopi tanaman yang terbatas seperti pada tanaman pertanian semusim, maka informasi yang diekstrak sebagian besar adalah tutupan lahan latar belakang (soil background), sehingga informasi yang dapat diekstrak dari vegetasi cukup terbatas. Kondisi yang berbeda terlihat di RTH berkayu yang memiliki jenis pantulan baur (diffuse). Pantulan memiliki ciri yang khas yaitu tingkat keabuan yang berada di tengah, terutama pada polarisasi VH atau HV. Contoh klasifikasi di wilayah utara Jakarta disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Contoh klasifikasi. Lokasi Jakarta Utara. Kode warna: tarmac=merah; air=biru; permukiman teratur=cyan; permukiman tidak teratur=marun; RTH pertanian=jingga; RTH non pertanian=cyan muda. Tidak semua kelas terwakili pada sub lokasi yang disajikan.

Gambar 4 menunjukkan bahwa kompleksitas jenis penutupan lahan masih sangat tinggi untuk data SAR dengan polarisasi yang terbatas. Semakin tinggi kompleksitas tutupan selayaknya diimbangi dengan data SAR dengan polarisasi yang lebih kompleks seperti polarisasi penuh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Ruang terbuka hijau sangat penting bagi suatu wilayah perkotaan yang sehat dan layak huni. Namun demikian, perhatian terhadap ruang terbuka hijau sangat terbatas di Indonesia. Hal ini terkait dengan land rent-nya yang lebih terbatas dibandingkan dengan penggunaan lain yang berasosiasi dengan industri atau komersial. Penelitian awal ini menunjukkan bahwa ruang terbuka hijau dapat diidentifikasi dengan citra SAR yang memiliki

kelebihan dalam ketidaksensitifannya dengan kondisi atmosfer. Hal ini sangat penting pada upaya ekstraksi data pada wilayah tropika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa definisi penutupan lahan yang diujikan pada penelitian ini sangat kompleks dan tidak dapat diakomodasikan secara sempurna oleh data SAR polarisasi ganda. Untuk perolehan yang lebih baik, data polarisasi penuh sangat disarankan, terutama pada data yang masih menyimpan informasi beda fase.

PUSTAKA

- Kim, HH. 1992. Urban Heat Island. *International Journal of Remote Sensing* 13(12), 2319-2336.
- Oke, TR. 1973. City Size and the Urban Heat Island. *Atmospheric Environment* 7(8), 769-779.
- Panuju, DR, BH Trisasonko, Y Setiawan. 2003. Variasi Spasio Temporal Temperatur Kawasan Urban sebagai Indikator Kualitas Lingkungan. Laporan Penelitian PPLH. Institut Pertanian Bogor. 32p.
- Prasetya, RA. 2012. Klasifikasi Ruang Terbuka Hijau Wilayah Jakarta Menggunakan Citra Satelit ALOS PALSAR. Skripsi. Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor.
- Ridd, MK. 1995. Exploring a V-I-S (Vegetation-Impervious Surface-Soil) Model for Urban Ecosystem Analysis through Remote Sensing: Comparative Anatomy for Cities. *International Journal of Remote Sensing* 16(2), 2165-2185.