

# KAJIAN PEMANFAATAN DATA ALOS PALSAR DALAM PEMETAAN KELEMBABAN TANAH (THE STUDY OF ALOS PALSAR DATA APPLICATION FOR SOIL MOISTURE ESTIMATION)

Indah Prasasti\*), Ita Carolita\*), A. E. Ramdani\*\*), Idung Risdiyanto\*\*)

\*) Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

\*\*) Jurusan Geofisika dan Meteorologi, IPB

e-mail: indah.prasasti@lapan.go.id

Diterima 20 Agustus 2012; Disetujui 29 Oktober 2012

## ABSTRACT

Soil moisture mapping has important role in the aspects of hydrology, meteorology, and agriculture. Hence, development of practical, efficient and reliable method for identification of soil moisture content in wide area is strongly required. In this study, identification of soil moisture using microwave remote sensing data was examined. Distribution of soil moisture may indicate the nature of the existing surface. The objectives of this study are to investigate the application of two polarizations (VV and HH) of polarimetric-ALOS PALSAR data for soil moisture mapping and to study the characteristic of backscatter and dielectric constant for several land covers in Bekasi Regency and its vicinity. The soil moisture ( $m_v$ ) was mapped using the equation of Top et al. (1980) that used the variable of dielectric constant ( $\epsilon'$ ) value, while the dielectric constant was calculated using equation developed by Dubois *et al.* (1995). The study results show that ALOS-PALSAR polarimetric is identified to be very good estimator for soil moisture mapping. At 0 – 5 cm soil depth, the average of soil moisture (% volume) value for vegetated land, fallow (bera) land, bare land, and built-up area are 25%, 20%, 24.9%, and 23.7% respectively. For surface that has higher moisture content, the backscatter value of VV polarization is more sensitive than HH polarization. The higher dielectric constant exhibit the higher soil moisture content. Surface roughness would also affect estimation accuracy of soil moisture.

Key Words: *Soil moisture, SAR, ALOS-PALSAR, Polarization, Backscatter*

## ABSTRAK

Pemetaan kelembaban tanah mempunyai peran penting dalam bidang hidrologi, meteorologi, dan pertanian. Oleh karena itu, pengembangan metode identifikasi kelembaban tanah yang praktis, efisien dan handal untuk areal yang luas menjadi sangat penting. Pada penelitian ini dilakukan kajian tentang identifikasi kelembaban tanah menggunakan penginderaan jauh gelombang mikro. Sebaran kelembaban tanah dapat mencerminkan karakteristik permukaan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan citra dua polarisasi (VV dan HH) dari data polarimetrik-ALOS PALSAR dalam pemetaan kelembaban tanah dan mengidentifikasi karakteristik hambur-balik dan konstanta dielektrik kelembaban tanah beberapa jenis penutup lahan di wilayah Kabupaten Bekasi dan sekitarnya. Kelembaban tanah ( $m_v$ ) diestimasi berdasarkan persamaan Top et al. (1980), yang menggunakan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon'$ ) sebagai peubahnya, dimana konstanta dielektriknya dihitung berdasarkan persamaan yang dikembangkan oleh Dubois *et al.* (1995). Hasil penelitian menunjukkan bahwa data polarisasi ALOS-PALSAR diidentifikasi sebagai penduga yang sangat baik dalam memetaan kelembaban tanah. Pada kedalaman tanah 0–5 cm, rata-rata kelembaban tanah (% volume) untuk lahan bervegetasi, lahan bera, lahan

terbuka, dan lahan terbangun secara berturut-turut adalah 25%, 20%, 24.9%, dan 23.7%. Pada permukaan lahan dengan kelembaban yang tinggi, nilai hambur-balik polarisasi VV lebih sensitif dibandingkan dengan polarisasi HH. Konstanta dielektrik tinggi mencerminkan kelembaban tanah yang tinggi. Kekasaran permukaan juga berpengaruh terhadap akurasi nilai estimasi kelembaban tanah.

Kata Kunci: *Kelembaban Tanah, SAR, ALOS-PALSAR, Polarisasi, Hambur-balik*

## 1 PENDAHULUAN

Pemantauan karakteristik distribusi kelembaban tanah secara spasial maupun temporal sangat penting. Hal ini dikarenakan, kelembaban tanah berperan dalam mengendalikan pertumbuhan tanaman, menjadi indikator perilaku tanah, dan dapat digunakan untuk menilai kemampuan ketahanan tanah terhadap erosi (Sanli *et al.* 2008). Selain itu, kelembaban tanah merupakan parameter utama dalam sejumlah pengkajian lingkungan, seperti kajian bidang hidrologi, meteorologi, dan pertanian. Di bidang hidrologi, informasi tentang distribusi kelembaban tanah sangat bermanfaat dalam pengelolaan wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS), khususnya untuk menentukan alokasi sumber daya air yang terbatas selama musim kering dan dapat membantu upaya penanganan banjir pada musim penghujan. Distribusi kelembaban tanah juga memiliki peranan yang sangat penting dalam memprediksi erosi dan muatan sedimen pada aliran sungai dan waduk. Pada wilayah pertanian informasi kelembaban tanah telah banyak digunakan dalam perencanaan irigasi, pengelolaan penanggulangan hama dan penyakit, dan prediksi peningkatan hasil-hasil pertanian. Sementara itu pada wilayah kering (*arid*) dan *semi-arid*, informasi kandungan kelembaban tanah telah banyak digunakan sebagai salah satu indikator untuk memantau kondisi tanaman.

Kelembaban tanah dapat diidentifikasi dengan beberapa metode, antara lain: metode gravimetrik, metode *microwave radiometer*, dan metode *wind scatterometer*. Dewasa ini, sejalan

dengan perkembangan teknologi penginderaan jauh, identifikasi kelembaban tanah dapat pula dilakukan melalui teknik penginderaan jauh (inderaja). Salah satu kelebihan penggunaan teknik inderaja ini adalah mampu mengidentifikasi areal dengan cakupan wilayah yang lebih luas dalam waktu yang cepat. Hasil estimasi sebaran kelembaban tanahnya dapat mencerminkan karakteristik permukaan yang ada.

Penggunaan citra satelit jenis *Synthetic Aperture Radar* (SAR) yang memiliki gelombang mikro (*microwave*) sangat efektif dalam menentukan tingkat karakteristik permukaan karena mampu digunakan pada segala cuaca serta mampu melakukan penetrasi tutupan awan. SAR merupakan jenis inderaja gelombang mikro yang sensitif terhadap kelembaban tanah karena memiliki nilai konstanta dielektrik yang sangat berhubungan dengan nilai kandungan air (Sonobe *et al.* 2008). Konstanta dielektrik untuk air paling sedikit sepuluh kali lebih besar dibandingkan dengan konstanta dielektrik tanah kering. Oleh karena itu, adanya air pada beberapa sentimeter di lapisan atas tanah dapat dideteksi dengan citra SAR (Lillesand and Kiefer 2000). Besarnya perbedaan antara konstanta dielektrik air dengan tanah kering pada frekuensi gelombang mikro merupakan faktor utama dalam pendugaan kelembaban tanah (Wang, 1980).

Beberapa peneliti menggunakan data *Synthetic Aperture Radar* (SAR) untuk memetakan distribusi kelembaban tanah (Dubois *et al.*, 1995; Shi *et al.*, 1997; Baghdabi *et al.*, 2006). Penggunaan

sistem SAR ini dapat memberikan resolusi dari 10 hingga 100 m dengan luas liputan sekitar 50–500 km sehingga sangat memungkinkan untuk diaplikasikan pada skala DAS. Selain itu, keuntungan lain penggunaan sistem SAR ini adalah memiliki hubungan yang kuat dengan kelembaban permukaan tanah, kemampuan penetrasi dapat mencapai 5 cm kedalaman tanah, dan mampu menembus awan dan atmosfer bumi. Namun demikian, faktor yang dapat mempengaruhi ketepatan estimasi kelembaban tanah dari citra SAR adalah tekstur tanah, kekasaran permukaan, dan penutupan tanah oleh vegetasi.

Ulaby *et al.* (1982) menyatakan bahwa terdapat beberapa alasan untuk menggunakan gelombang mikro sebagai sumber energi untuk pencitraan data SAR. Alasan utama dan sangat penting adalah bahwa kemampuan gelombang mikro untuk menembus awan, hujan, asap dan *haze* serta mempunyai sistem yang aktif yang tidak tergantung pada cahaya matahari. Pengaruh hujan terhadap atenuasi (peredaman) sinyal terjadi jika panjang gelombang lebih kecil dari 2 cm. Alasan lain dari penggunaan gelombang mikro, karena dapat menembus tajuk, cabang, ranting pohon yang lebih dalam dibandingkan gelombang optik. Kedalaman penetrasi tergantung pada panjang gelombang mikro dan kandungan kelembaban vegetasi. Penetrasi akan meningkat jika panjang gelombang lebih panjang, dan sebaliknya akan menurun jika kelembaban vegetasi meningkat. Alasan ketiga adalah bahwa radar mempunyai informasi yang berbeda dibandingkan dengan yang diperoleh menggunakan panjang gelombang dari kisaran kasat mata (*visible*) sampai dengan infra merah infra (*Visible~ Infrared* (VIR)). Reflektansi/radiasi dari spektrum VIR tergantung pada sifat molekular lapisan permukaan vegetasi atau tanah.

Sedangkan hambur-balik dari gelombang mikro sangat tergantung pada kekasaran permukaan dalam skala-besar (sentimeter kekasaran) dan volume hamburan (sebagai contoh hamburan dari kanopi hutan).

Salah satu data SAR yang dapat digunakan untuk estimasi kelembaban tanah adalah data ALOS-PALSAR. ALOS-PALSAR merupakan salah satu sensor dari satelit ALOS milik Jepang, yang bekerja pada gelombang mikro aktif L-band (pusat frekuensi 1270 MHz/23.6 cm) serta melakukan pengamatan pada siang dan malam hari. Sensor ini merupakan hasil pengembangan dari SAR/JERS-1 oleh JAXA bekerja sama dengan *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS) (NASDA 2004). Instrumen PALSAR secara penuh merupakan polarisasi yang bekerja pada salah satu dari mode: a). Polarisasi tunggal (HH atau VV), b). Polarisasi rangkap dua (HH+HV atau VV+VH), dan c). Polarisasi penuh. Untuk tujuan aplikasi, ALOS-PALSAR ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, seperti membuat DEM, interferometri dari perubahan/penurunan permukaan lahan, estimasi biomasa hutan, pemantauan kebakaran hutan/pertanian, pemantauan lapisan polusi minyak, pemantauan banjir, estimasi kelembaban tanah, dan pemantauan tumpahan minyak dari kapal (NASDA 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan citra dua polarisasi ALOS-PALSAR ( VV dan HH) dalam pemetaan kelembaban tanah dan mengidentifikasi karakteristik hambur-balik dan konstanta dielektrik kelembaban tanah pada beberapa penutupan lahan. Areal yang menjadi obyek kajian adalah wilayah Kabupaten Bekasi dan sekitarnya.

## 2 DATA DAN METODE

### 2.1 Data dan Alat

Data citra utama yang digunakan dalam kajian ini adalah citra ALOS-PALSAR level 1.1 *full* polarisasi (*quad polarization*) rekaman tanggal 11 April 2007 dan citra AVNIR-2 rekaman tanggal 5 Oktober 2007.

Untuk pengolahan citra, penelitian ini menggunakan perangkat lunak PolSARpro versi 4.0, ENVI versi 4.3, dan ERMAPPER versi 7.0.

Perangkat lunak PolSARpro digunakan untuk mendapatkan citra hamburan (*scattering*). Perangkat lunak ENVI digunakan untuk mengkonversi citra hamburan ke format *ers* agar bisa diolah lebih lanjut dengan perangkat lunak ERMAPPER. Perangkat lunak ERMAPPER digunakan untuk koreksi geometri dan untuk mendapatkan citra distribusi kelembaban tanah.

### 2.2 Metode

Untuk kepentingan estimasi kelembaban tanah berdasarkan persamaan Dubois *et al.* (1995), maka dalam penelitian ini hanya digunakan citra dua polarisasi saja, yakni: polarisasi HH dan VV.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yakni:

- Mengkonversi nilai digital ALOS-PALSAR polarisasi (HH dan VV) menjadi nilai hambur-balik (*backscatter*) menggunakan persamaan dari Sonobe *et al.* (2008), sebagai berikut:

$$\sigma^0 = 10 \log_{10} DN^2 + CF \quad (2-1)$$

Keterangan:

$\sigma^0$  : koefisien hambur-balik (dB),

DN: nilai digital citra rata-rata dari window 3x3, dan

CF: faktor kalibrasi (-83 dB, standar deviasi 0.64 dB seperti yang digunakan Shofiyati *et al.*, 2011).

- Berdasarkan nilai hambur-balik dari citra polarisasi HH dan VV dilakukan

estimasi nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon'$ ) menggunakan persamaan Dubois *et al.* (1995), sebagai berikut:

$$\epsilon' = \frac{\log_{10} \left( \frac{(\sigma_{HH}^0)^{0.7857}}{\sigma_{VV}^0} \right) 10^{-0.19} \cos^{1.82} \theta \sin^{0.92} \theta \lambda^{0.15}}{-0.042 \tan \theta} \quad (2-2)$$

Keterangan:

$\epsilon'$  = konstanta dielektrik,

$\sigma^0$  = koefisien hambur-balik (db),

$\theta$  = sudut yang terbentuk ( $^\circ$ ),

$\lambda$  = panjang gelombang (23.6 cm).

- Menghitung nilai kekasaran permukaan menggunakan persamaan:

$$ks = \sigma_{HH}^0 \frac{1}{1.4} 10^{\frac{2.75}{1.4} \sin^{2.57} \theta} \frac{10^{-0.02 \epsilon' \tan \theta} \lambda^{-0.5}}{\cos^{1.07} \theta} \quad (2-3)$$

Keterangan:

Ks = kekasaran permukaan,

$\epsilon'$  = konstanta dielektrik,

$\sigma^0$  = koefisien hamburan balik (db),

$\theta$  = sudut yang terbentuk ( $^\circ$ ),

$\lambda$  = panjang gelombang (23.6 cm).

- Selanjutnya, mengestimasi kelembaban tanah ( $m_v$ ) menggunakan persamaan Top *et al.* (1980):

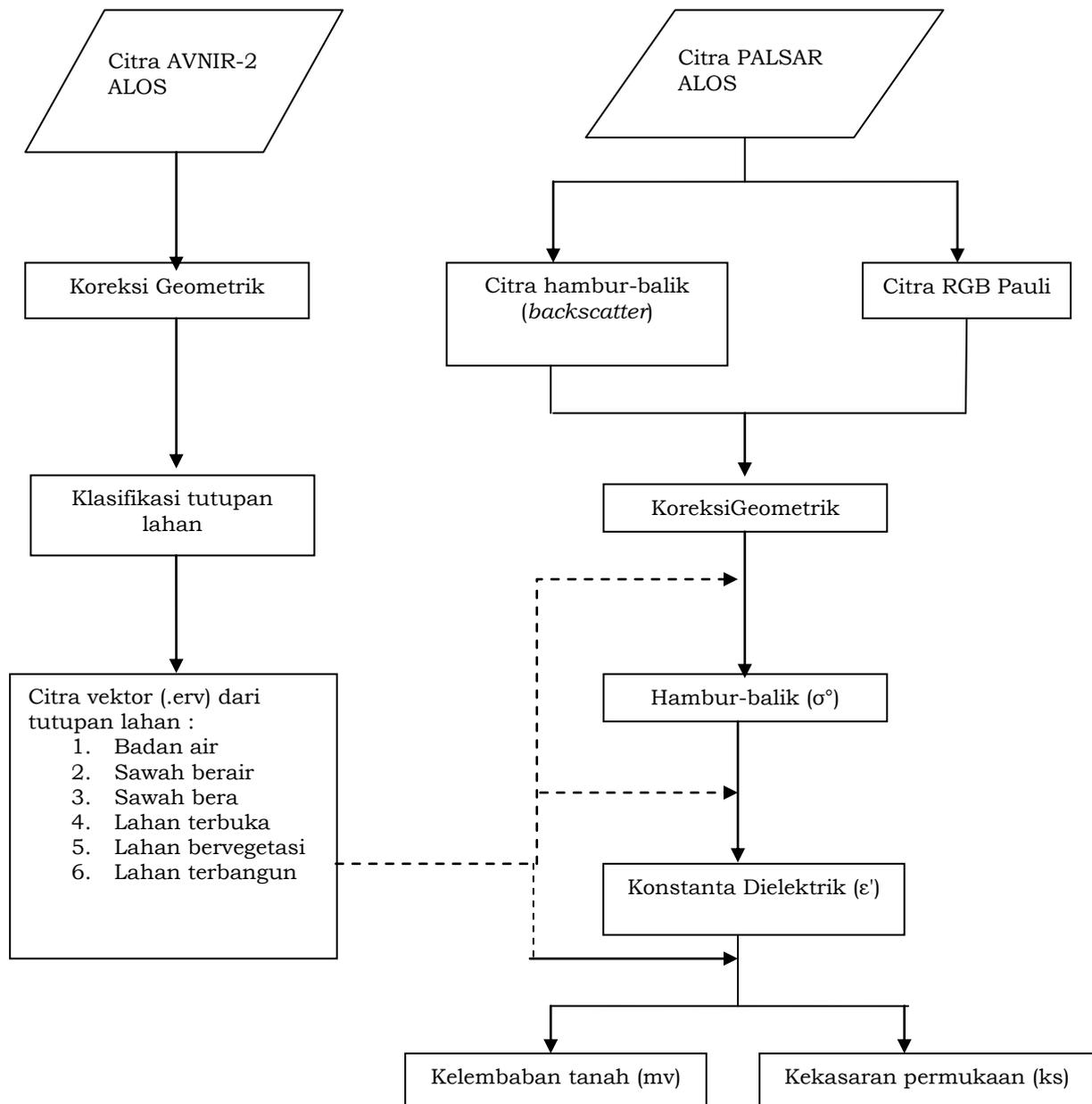
$$m_v = \frac{-5.3 \times 10^{-2} + 2.29 \times 10^{-2} \epsilon' - 5.5 \times 10^{-4} \epsilon'^2 + 4.3 \times 10^{-6} \epsilon'^3}{\quad} \quad (2-4)$$

Keterangan:

$m_v$  = kelembaban tanah (%) dan

$\epsilon'$  = konstanta dielektrik.

- Selanjutnya, dengan bantuan hasil delineasi penutup penggunaan lahan dari citra AVNIR-2 ditentukan/ diidentifikasi beberapa jenis penutup lahan. Kemudian hasil delineasi batas beberapa jenis penutup lahan tersebut digunakan untuk menentukan nilai kisaran hambur-balik, konstanta dielektrik, kekasaran permukaan (ks), dan kelembaban tanah pada masing-masing penutup lahan. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini disarikan pada bagan alir Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Bagan alir pemetaan distribusi kelembaban tanah

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan citra menggunakan Polsarpro, diperoleh citra hambur balik (*backscatter*) dan citra RGBPauli. Gambar 3-1 dan 3-2 memperlihatkan citra hambur-balik polarisasi HH dan VV, sedangkan citra RGBPauli disajikan pada Gambar 3-3. Selanjutnya dengan bantuan citra hasil deleneasi batas beberapa jenis penutup lahan berdasarkan peta penutup lahan yang diekstraksi dari citra AVNIR-2 (Gambar 3-4), maka dilakukan ekstraksi nilai hambur-balik dari

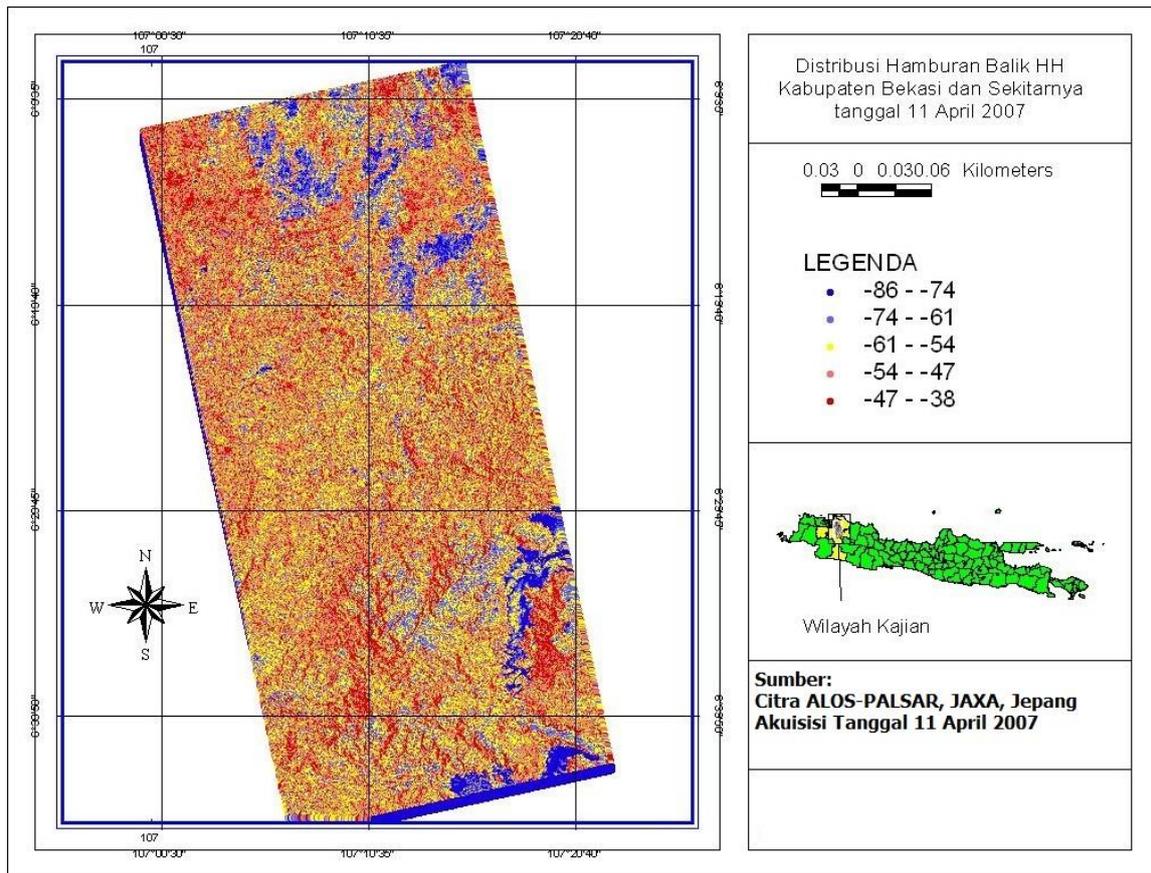
masing-masing citra polarisasi (HH dan VV) untuk masing-masing jenis penutup lahan seperti yang disajikan pada Tabel 3-1.

Berdasarkan Tabel 3-1 terlihat bahwa nilai hambur-balik permukaan yang berair (badan air dan sawah fase air) menunjukkan nilai yang paling rendah baik pada polarisasi HH (rata-rata -72.1 untuk badan air dan -69.7 untuk sawah fase air) maupun VV (rata-rata -75.6 untuk badan air dan -70.7 untuk sawah fase air). Selain itu,

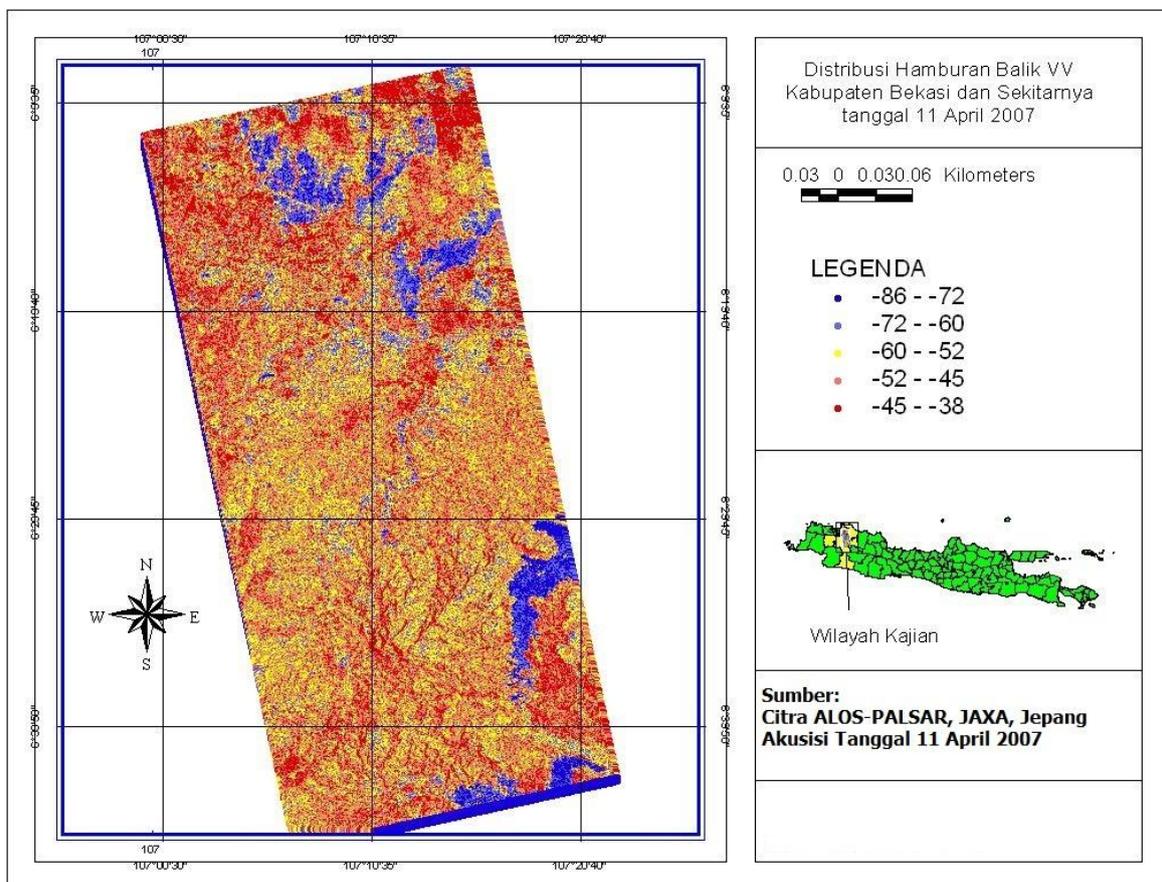
apabila dibandingkan antara polarisasi HH dan VV, terlihat bahwa nilai rata-rata hambur-balik permukaan lahan yang berair lebih rendah pada polarisasi VV dibandingkan pada polarisasi HH. Sebaliknya, nilai rata-rata hambur-balik jenis permukaan lainnya akan lebih rendah pada polarisasi HH dibandingkan dengan polarisasi VV. Nilai hambur-balik tertinggi dihasilkan oleh permukaan lahan terbangun (rata-rata -49.2 pada polarisasi HH dan -45.4 pada polarisasi VV). Dubois *et al.* (1995) menyatakan bahwa kelembaban tanah sangat berpengaruh terhadap nilai koefisien hamburan-balik polarisasi VV ( $\sigma_{vv}^0$ ). Selain itu, nilai koefisien hambur-balik polarisasi VV ( $\sigma_{vv}^0$ ) lebih sensitif untuk mendeteksi wilayah-wilayah dengan tingkat kelembaban tinggi dibandingkan dengan nilai koefisien hambur-balik polarisasi HH ( $\sigma_{hh}^0$ ). Sementara itu, perubahan nilai hambur-balik HH ( $\sigma_{hh}^0$ ) lebih sensitif dibandingkan dengan perubahan nilai hambur-balik VV ( $\sigma_{vv}^0$ ) pada jenis tutupan lahan sawah bera, lahan terbuka, lahan terbangun, dan lahan vegetasi yang tingkat kelembabannya relatif lebih rendah. Kondisi ini dapat terjadi karena adanya perbedaan tingkat kekasaran pada jenis tutupan lahan tersebut yang dapat mempengaruhi nilai hambur-baliknya. Menurut Moran *et al.* (2004), faktor utama yang mempengaruhi ketepatan estimasi kelembaban tanah adalah kekasaran permukaan tanah dan biomasa vegetasi. Oleh karena itu, pengaruh kekasaran permukaan perlu dikoreksi untuk mendapatkan nilai kelembaban tanah yang lebih akurat. Namun dalam penelitian ini, kekasaran permukaan tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kelembaban yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan, nilai

kekasaran untuk seluruh cakupan citra dalam penelitian ini berada pada kisaran 0.1 sampai 0.4. Dalam penelitian Dubois *et al.* (1995) kisaran nilai yang digunakan untuk daerah terbuka pada permukaan yang datar adalah 0.4. Dengan demikian, cakupan citra yang digunakan dalam penelitian ini telah sesuai dengan model yang digunakan oleh Dubois *et al.* (1995), yakni berada pada kisaran nilai lahan terbuka dengan permukaan datar.

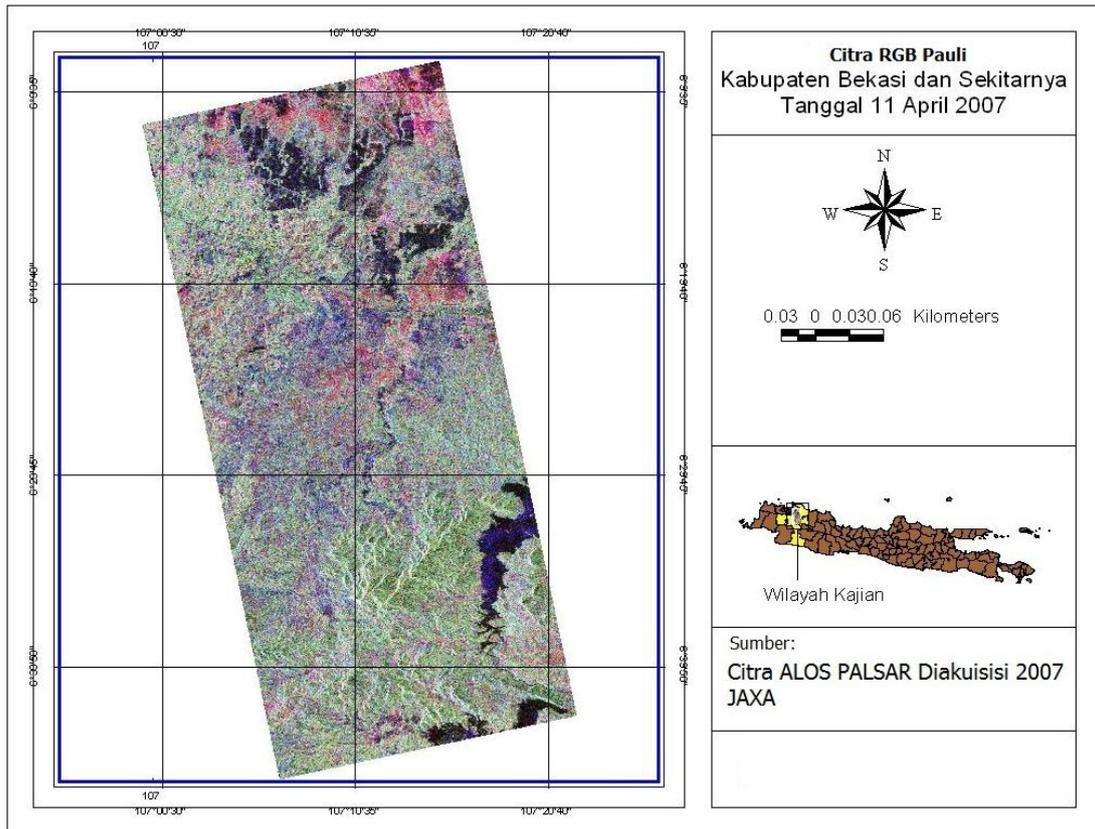
Selanjutnya berdasarkan nilai hambur-balik polametrik HH dan VV diturunkan nilai konstanta dielektrik menggunakan persamaan Dubois *et al.* (1995). Tabel 3-2 memperlihatkan nilai konstanta dielektrik masing-masing penutup lahan. Berdasarkan Tabel 3-2 terlihat bahwa permukaan dengan kelembaban tinggi (badan air dan lahan sawah fase air) mempunyai nilai konstanta dielektrik yang paling tinggi di antara penutup lahan yang lain. Hal ini dikarenakan, sifat konstanta dielektrik (yang merupakan fungsi dari frekuensi atau panjang gelombang radar) sangat kuat dipengaruhi oleh kelembaban atau kandungan air dari bahan (benda). Sebaliknya, lahan sawah bera memiliki rata-rata konstanta dielektrik yang paling rendah. Sementara itu, konstanta dielektrik untuk jenis lahan terbuka, terbangun dan bervegetasi memiliki nilai rata-rata yang relatif sama. Dari hasil penelitian Peplinski *et al.* (1995) menunjukkan bahwa sifat dielektrik dari jenis tanah yang berbeda akan mempengaruhi nilai hambur-baliknya. Selain itu, tekstur tanah dan kandungan kelembaban tanah juga berpengaruh terhadap besaran konstanta dielektriknya. Konstanta dielektrik juga sangat dipengaruhi oleh tipe liat, dan jika permukaan tanah liat semakin luas, maka konduktivitas dielektriknya juga akan meningkat secara linier.



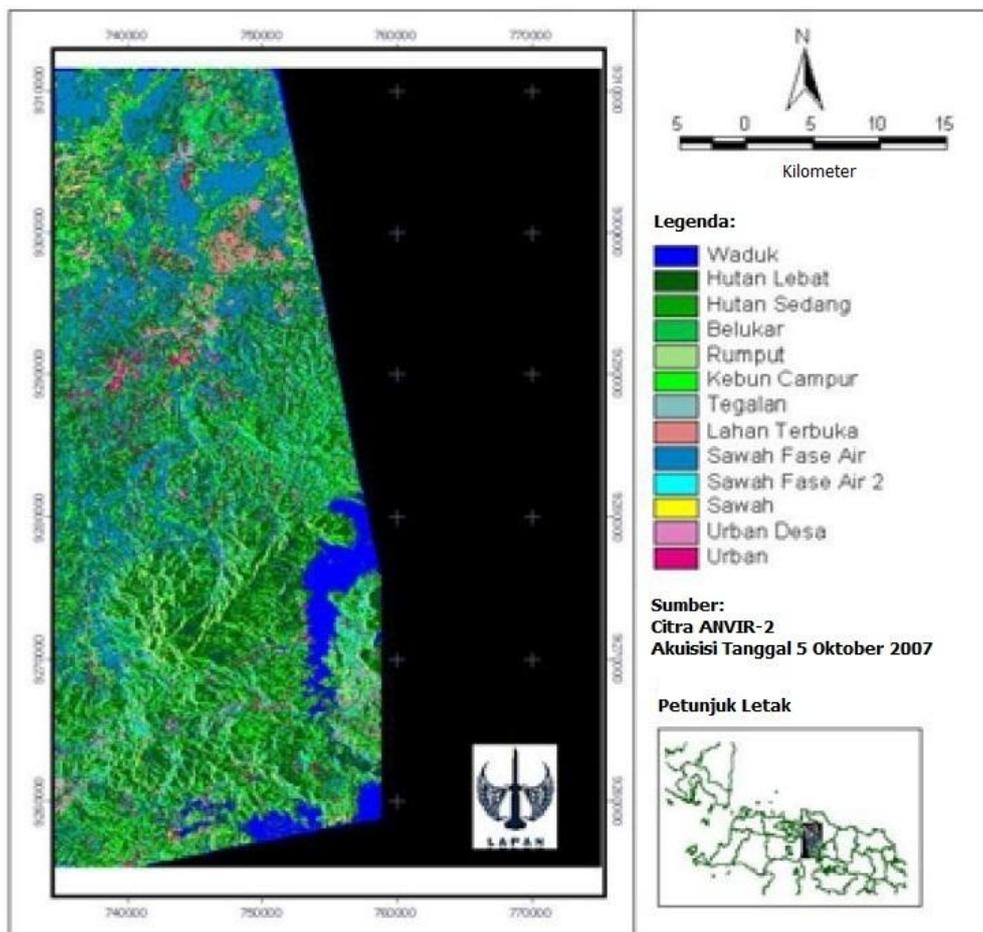
Gambar 3-1: Citra Hambur-balik dari polarisasi HH



Gambar 3-2: Citra Hambur-balik dari polarisasi VV



Gambar 3-3: Citra RGBPauli wilayah Bekasi dan sekitarnya tanggal 11 April 2007



Gambar 3-4: Peta penutup lahan yang diekstraksi dari citra AVNIR-2

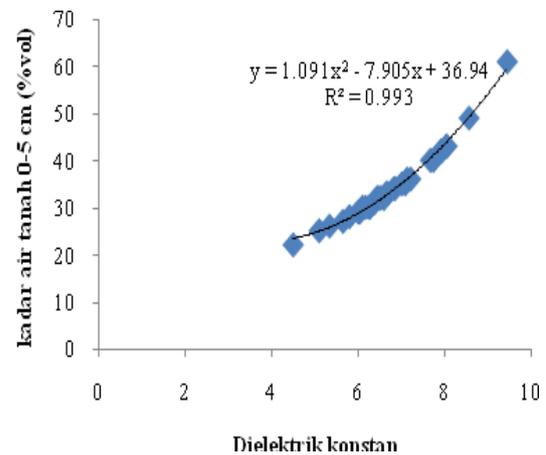
Tabel 3-1: KISARAN NILAI KOEFISIEN HAMBUR-BALIK ( $\sigma^0$ ) (DB) DARI CITRA POLARISASI HH DAN VV

JenisPenutupLahan	Polarisasi HH			Polarisasi VV		
	Min	Maks	Rata-rata	Min	Maks	Rata-rata
Badan air	-86	-50	-72.1	-86	-65	-75.6
Lahansawahfase air	-86	-46	-69.7	-86	-45	-70.7
Lahan sawah bera	-76	-38	-58.5	-64	-38	-45.9
Lahan terbuka	-80	-38	-53.9	-74	-38	-49.8
Lahan terbangun	-64	-38	-49.2	-64	-38	-45.4
Lahan bervegetasi	-76	-38	-55.0	-74	-38	-51.3

Tabel 3-2:KISARAN NILAI KONSTANTA DIELEKTRIK

Tutupan lahan	Min	maks	rata-rata
Badan air	5.0	10.8	7.9
Lahansawahfase air	4.3	11.5	7.6
Lahansawahbera	2.7	9.16	5.2
Lahan terbuka	2.5	9.9	6.4
Lahanterbangun	3.6	8.0	6.1
Lahanvegetasi	3.9	8.9	6.5

Jenis permukaan lahan dengan konstanta dielektrik tinggi umumnya lebih banyak memantulkan sinar radar yang datang, sedangkan energi yang diserap sangat kecil. Konstanta dielektrik media alami umumnya antara 1 sampai 6, dan meningkat dengan meningkatnya kadar air. Air bebas mempunyai nilai konstanta dielektrik di atas media alami dan dapat mencapai nilai 81 dan menunjukkan frekuensi yang rendah. Pada kondisi tanah kering, nilai konstanta dielektrik berkisar antara 2 – 4 (Ulaby *et al.* 1986). Nilai konstanta dielektrik semakin meningkat dengan semakin tingginya pergerakan molekul-molekul air yang disebabkan oleh gaya matriks yang bekerja pada molekul-molekul air tersebut. Gambar 3-5 memperlihatkan hubungan antara konstanta dielektrik dengan persentase volume kelembaban tanah pada kedalaman 0 – 5 cm. Semakin tinggi nilai konstanta dielektriknya akan semakin tinggi kandungan kelembaban tanah. Dengan demikian, nilai konstanta dielektrik dapat digunakan untuk estimasi kelembaban tanah.



Gambar 3-5: Hubungan Konstanta Dielektrik dengan Kelembaban Tanah (% volume Kadar Air Tanah)

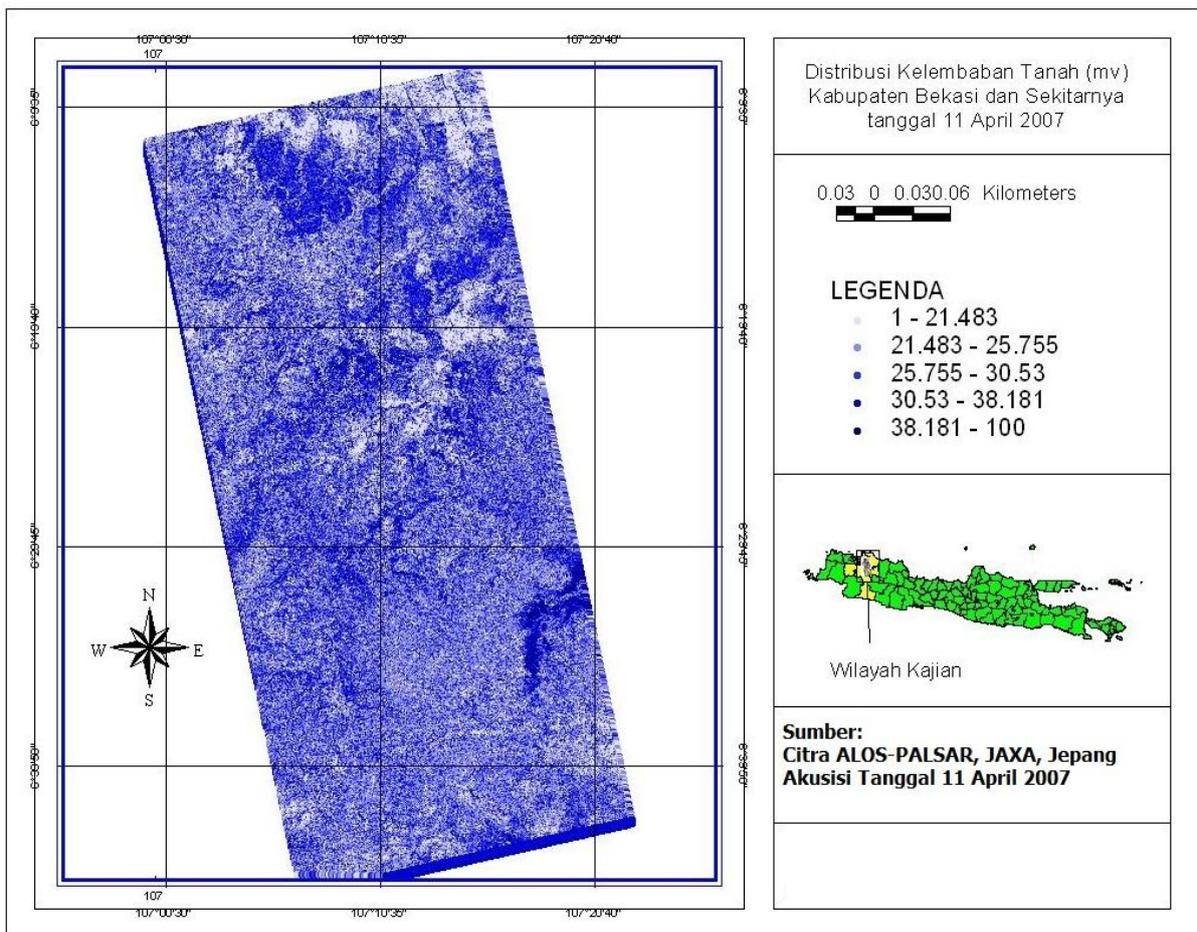
Dengan didasarkan pada sifat-sifat dielektrik, maka secara cepat dapat mengetahui pengaruh kelembaban terhadap hambur-balik radar. Kontanta dielektrik yang rendah pada permukaan yang kering menyebabkan sinar radar masuk kepermukaan, dan masuknya serangkaian sinar yang berasal dari hamburan permukaan. Ketika konstanta dielektrik meningkat, maka penetrasinya menurun, sehingga hamburan permukaan yang lebih dominan. Pada kasus yang ekstrim pada permukaan air, secara virtual tidak terdapat penetrasi

permukaan, dan hamburan murni hanya berasal dari pengaruh permukaan.

Selain citra konstanta dielektrik, dari citra hambur-balik juga dapat diturunkan citra kekasaran permukaan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3-5. Berdasarkan Gambar 3-5 terlihat bahwa permukaan dengan tingkat kelembaban yang tinggi seperti badan air dan sawah fase air memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling rendah dibandingkan dengan jenis permukaan lainnya. Kekasaran permukaan (*Surface roughness*) sangat mempengaruhi nilai estimasi kelembaban tanah. Meningkatnya kekasaran permukaan dapat mempengaruhi besar sudut yang terbentuk dari pantulan balik sinyal yang ditransmisikan oleh permukaan. Menurut Dubois *et al.* (1995), rasio koefisien hamburan balik  $\sigma_{hh}^{\circ}/\sigma_{vv}^{\circ}$  meningkat dengan meningkatnya kekasaran permukaan

dan meningkatnya kelembaban tanah atau meningkatnya sudut datang.

Kemudian dengan menggunakan persamaan Top *et al.* (1980) dapat diestimasi nilai kelembaban tanah ( $m_v$ ) seperti tampak pada Gambar 3-6. Sedangkan Tabel 3-3 menjelaskan kisaran nilai kelembaban pada masing-masing penutup lahan. Dalam pengkelasan kelembaban tanah (Tabel 3-3), kelas penutup lahan badan air dan lahan sawah fase air tidak termasuk yang diperhitungkan dan hanya digunakan sebagai faktor pembanding. Dari Tabel 3-3 terlihat bahwa kisaran nilai kelembaban pada lahan terbuka memiliki kisaran yang cukup lebar, antara 7.0–51.9 (% volumetrik). Sedangkan lahan terbangun memiliki kisaran kelembaban yang paling pendek (13.8–32.7% volumetrik).



Gambar 3-6: Citra distribusi kelembaban tanah dari ALOS-PALSAR

Tabel 3-3: KISARAN NILAI KELEMBABAN TANAH PADA KEDALAMAN 0-5 CM (% Volume)

<b>Tutupanlahan</b>	<b>Min (% volume)</b>	<b>Maks (% volume)</b>	<b>rata-rata (% volume)</b>
Lahanbera	8.4	34.9	20.0
Lahanterbuka	7.0	51.9	24.9
Lahanterbangun	13.8	32.7	23.7
Lahanvegetasi	15.3	35.6	25.0

Kisaran pemetaan nilai kelembaban tanah yang dihasilkan penelitian ini sejalan dengan hasil pemetaan kelembaban tanah yang dilakukan oleh Tadono *et al.* (2008). Tadono *et al.* (2008) menggunakan data ALOS-PALSAR untuk memetakan kelembaban tanah dengan resolusi spasial 100 m di wilayah daratan Mongolia. Berdasarkan algoritma yang telah banyak dikembangkan saat ini kemudian memvalidasinya dengan data yang diukur di permukaan serta membandingkan hasilnya dengan pemetaan kelembaban tanah menggunakan citra AMSR-E. Hasilnya menunjukkan bahwa pemetaan kelembaban tanah dengan ALOS-PALSAR lebih tinggi (tingkat kelembaban berkisar antara 0 – 28%), sedangkan tingkat kelembaban tanah rata-rata hanya 5% dengan menggunakan citra AMSR-E. Sementara Rao *et al.* (2007) bekerja sama dengan JAXA sebagai penyedia data ALOS-PALSAR mencoba memetakan kelembaban tanah wilayah Haryana (Bengal Barat), India menggunakan data Quad-Pol PALSAR-ALOS berdasarkan algoritma Dubois *et al.* (1995) dan Oh *et al.* (1992) yang diolah menggunakan perangkat lunak Polsarpro. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan algoritma Oh *et al.* (1992) lebih baik dibandingkan dengan algoritma Dubois *et al.* (1995). Namun demikian penggunaan algoritma Dubois *et al.* (1995) lebih sederhana dibandingkan dengan algoritma Oh *et al.* (1992).

## 5 KESIMPULAN

Data polarisasi HH dan VV dari citra ALOS-PALSAR dapat digunakan sebagai penduga kelembaban tanah yang sangat baik. Pada kedalaman 0–5 cm (% volume), nilai rata-rata kelembaban tanah untuk lahan bervegetasi, lahan bera, lahan terbuka, dan lahan terbangun secara berturut-turut adalah 25%, 20%, 24.9%, dan 23.7%.

Pada permukaan dengan kelembaban yang tinggi nilai hambur-balik pada polarisasi VV lebih sensitif dibandingkan dengan polarisasi HH. Konstanta dielektrik akan meningkat sejalan dengan makin meningkatnya kelembaban tanah. Kekasaran permukaan berpengaruh terhadap akurasi nilai estimasi kelembaban tanah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. I Nengah Surati Jaya, M. Agr yang sudah memberikan masukan dan arahan dalam penulisan ini. Ucapan terima kasih juga kepada EORC JAXA Jepang yang telah memberikan data ALOS-PALSAR untuk digunakan dalam penelitian ini.

## DAFTAR RUJUKAN

Baghdabi, N.N. Holah, and M. Zribi, 2006, "Soil Moisture Estimation using Multi-Incident and Multi-Polarization ASAR Data", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, p: 1907– 1920.

- Dubois, P.C., Vanzyl, J.J. and T.Engman, 1995, "Measuring Soil Moisture with Imaging Radars", *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol.33, pp.916-926.
- Lillesand, T.M., and R.W.Kiefer, 2000, *Remote Sensing and Interpretation Image*, Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc., Toronto. ISBN:0-471 25525-7.
- Moran, M.S., Peters-Lidard, C.D., Watts, J. M., and S.M. Elroy, 2004, "Estimation Soil Moisture at The Watershed Scale with Satellite-Based Radar N Land Surface Models", *Can. J. Remote sensing*, Vol.30, pp.91-107.
- NASDA, 2004, *ALOS: Advanced Land Observing Satellite, Sensor and Product*. Japan.
- NASDA, 2005. *Applications ALOS : advanced Land Observing Satellite*, Japan.
- Oh, Y., Sarabandi, K., and F.T.Ulaby, 1992, "An Empirical Model and Inversion Technique for Radar Hamburan from Bare Soil Surface", *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 30: 370-381.
- Peplinski, N.R, Ulaby F.T., and M.C. Dobson, 1995, "Dielectric Properties of Soil in the 0.3 - 1.3 GHz Range", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 33, pp.803 - 807.
- Rao, Y.S., Dyuti T., and G. Venkataraman, 2007, *ALOS PALSAR Quad-Pol data for soil moisture mapping*.
- Shi, J., J. Wang, A.Y. Hsu, O'Neil P.E., and E.T. Engman, 1997, "Estimation of Bare Surface Soil Moisture and Surface Roughness Parameter Using L-Band SAR Image Data", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 35, No. 5, pp.1254 - 1266.
- Shofiyati, R., I.H. Ismullah, dan D.H. Hakim, 2011, "Identification of Paddy Planted Area Using ALOS PALSAR Data", *Journal of Geographic Information System*, Vol.3, pp.351-356. (<http://www.SciRP.org/journal/jgis>). Download Oktober 2011.
- Sonobe. R., Tani, H., Wang, X., and M.Fukuda, 2008, "Estimation of Soil Moisture for Bare Soil Field Using Alos/PalsarHh Polarization Data", *Agricultural Information Research*, Vol.17, No.4, pp.171-177.
- Tadono, T., Shimada M., Fujii H., and I. Kaihotsu, 2007, "Process Study for Developing Algorithms to Quantitatively Estimate Hydrological Parameters Based on ALOS Data: A Case Study of Soil Moisture Estimation with Existing Algorithm", *Proceedings of The First Joint PI Symposium of ALOS Data Nodes for ALOS Science Program in Kyoto*. Kyoto International Conference Center, Japan: November 19<sup>th</sup>- 23<sup>th</sup>, 2007.
- Top, G.C., Davis, J.L., and A.P.Annan, 1980, "Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines", *Water Resource Res*, Vo.16, pp.574-582.
- Ulaby, F.T., Moore, M.K. and A.K.Fung, 1986. *Microwave Remote Sensing Active and Passive*. Artech House, Norwood, 3:1098.
- Ulaby, F.T., Moore, M.K. and A.K.Fung, 1982, "Radar Remote Sensing and Surface Scattering And Emission Theory", In *microwave remote sensing: active and passive*, Vol.2, pp.57-84.
- Wang, J.R., 1980. "The Dielectric Properties of Soil-Water Mixtures at Microwave Frequencies", *Radio Science*, Vol.15, pp.977-985.