

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS-PALSAR  
UNTUK PEMETAAN KELEMBABAN TANAH  
( STUDI KASUS : WILAYAH KABUPATEN PASER, KALIMANTAN TIMUR )**

Lestari Sri A.<sup>1,\*</sup>, Pantimena L.<sup>2</sup>, Noraini, A.<sup>3</sup>

<sup>a</sup> Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang  
[7alestari@gmail.com](mailto:7alestari@gmail.com)

**ABSTRACT:**

Soil moisture is the ratio of water content below the soil surface which are the main parameters in various fields such as hydrology, agriculture and meteorology. In conjunction with technological developments, identification of soil moisture can be carried out through remote sensing techniques. One of remote sensing satellite imagery that can be used to estimate the value of soil moisture is ALOS-PALSAR satellite imagery.

This study aims to determine the value of soil moisture based on ALOS-PALSAR satellite imagery in Paser District Area. The data used are ALOS-PALSAR satellite image HH and VV polarization. The parameters that determining the estimated value of soil moisture are the backscatter value and the dielectric constant value. The value of soil moisture is estimated by the equation of Dubois et al., (1995). To determine the accuracy of the estimation results of soil moisture values, measurements of soil moisture values in Paser District Area were measured using soil moisture meter tester.

The results of this study indicate that the range of soil moisture values in Paser District Area based on the processing of ALOS-PALSAR satellite images in May 2009 was 1 - 25% Mv, with classification class in the dry soil moisture. On the results of the accuracy test using 40 samples of soil moisture measurement, the overall accuracy value is 87.5%.

**KEY WORDS:** *Soil Moisture, ALOS-PALSAR Image, Soil Moisture Value.*

**ABSTRAKSI :**

Kelembaban tanah merupakan rasio kandungan air di bawah permukaan tanah yang merupakan parameter utama di berbagai bidang seperti hidrologi, pertanian dan meteorology. Sejalan dengan perkembangan teknologi, identifikasi kelembaban tanah dapat pula dilakukan melalui teknik penginderaan jauh. Salah satu citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk estimasi nilai kelembaban tanah adalah citra satelit ALOS-PALSAR.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kelembaban tanah berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR wilayah Kabupaten Paser. Data yang digunakan adalah data citra satelit ALOS-PALSAR polarisasi HH dan VV. Parameter penentu estimasi nilai kelembaban tanah adalah nilai hambur-balik dan nilai konstanta dielektrik. Nilai kelembaban tanah di estimasi dengan persamaan Dubois dkk.,(1995). Untuk mengetahui akurasi hasil estimasi nilai kelembaban tanah, dilakukan pengukuran sampel nilai kelembaban tanah di wilayah Kabupaten Paser dengan menggunakan *soil moisture meter tester*.

Hasil penelitian ini menunjukkan rentang nilai kelembaban tanah di wilayah Kabupaten Paser berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR padabulan Mei tahun 2009 adalah 1 – 25 % Mv dengan klasifikasi berada pada kelas kelembaban tanah kering (*Dry*). Pada hasil uji akurasi dengan menggunakan 40 sampel pengukuran kelembaban tanah diperoleh nilai *overall accuracy* sebesar 87,5 %.

**Kata Kunci :** *Kelembaban Tanah, Citra ALOS-PALSAR, Nilai Kelembaban Tanah.*

---

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kelembaban tanah merupakan rasio kandungan air di bawah permukaan tanah yang merupakan parameter utama di berbagai bidang seperti hidrologi, pertanian dan meteorologi. Di bidang pertanian kelembaban berguna untuk memprediksi hasil panen, penjadwalan irigasi, dan perkecambahan benih. Dalam bidang meteorologi kelembaban tanah bermanfaat untuk identifikasi komponen panas (Rao, 2008).

Kelembaban tanah dapat diidentifikasi dengan beberapa metode, antara lain : metode gravimetrik, metode *microwave*, dan metode *wind scatterometer*. Dewasa ini sejalan dengan perkembangan teknologi, identifikasi kelembaban tanah dapat pula dilakukan melalui teknik penginderaan jauh. Salah satu kelebihan teknik penginderaan jauh adalah mampu mengidentifikasi areal dengan cakupan wilayah yang luas dalam waktu yang cepat. Hasil estimasi sebaran kelembaban tanahnya dapat mencerminkan karakteristik permukaan yang ada (Prasasti, 2011).

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 indera gelombang mikro yang sensitif terhadap kelembaban tanah karena memiliki konstanta dielektrik yang sangat berhubungan dengan nilai kandungan air (Sonobe dkk., 2008).

Salah satu citra satelit SAR yang dapat digunakan untuk estimasi kelembaban tanah adalah citra satelit ALOS-PALSAR. Berkaitan dengan kebutuhan informasi kelembaban tanah dan teknik penginderaan jauh yang mampu mengidentifikasi areal cakupan wilayah yang luas dalam waktu yang cepat, perlu dilakukan sebuah penelitian tentang "Pemanfaatan Citra Satelit ALOS-PALSAR untuk Pemetaan Kelembaban Tanah".

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang tersebut dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini yaitu "Berapa nilai kelembaban tanah berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR wilayah Kabupaten Paser ?"

### 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai kelembaban tanah wilayah Kabupaten Paser berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR.
2. Membuat peta kelembaban tanah wilayah Kabupaten Paser berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR.

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh hasil pembuatan peta kelembaban tanah wilayah Kabupaten Paser berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR.
2. Hasil penelitian ini, diharapkan menjadi dasar pertimbangan dalam penelitian sejenis atau sebagai bahan rujukan dalam pembuatan peta kelembaban tanah.

### 1.4 Lokasi Penelitian

Kabupaten Paser adalah sebuah kabupaten di Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia (No.6 Pada Gambar 3.1). Ibukota kabupaten ini terletak di Kecamatan Tanah Grogot. Kabupaten Paser merupakan wilayah Provinsi Kalimantan Timur yang terletak paling selatan, tepatnya pada posisi  $00^{\circ}45'18,37''-20^{\circ}27'20,82''$  LS dan  $115^{\circ}36'14,5'' - 166^{\circ}57'35,03''$  BT. Kabupaten Paser terletak pada ketinggian yang berkisar antara 0-500 meter di atas permukaan laut. Luas wilayah Kabupaten Paser saat ini adalah 11.603,94 km<sup>2</sup>, terdiri dari 10 kecamatan dengan 125 buah desa/kelurahan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### 1.5 Alat dan Bahan

Berikut merupakan peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian :

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 (dua) yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

1.Perangkat keras (hardware) :

- Laptop..... (1 unit)
- GPS Handheld ..... (1 unit)
- Kamera .....(1 unit)
- Soil Moisture Meter Tester .....(1 unit)

2.Perangkat lunak (software) :

- Sentinel Toolbox (SNAP) versi 6.0
- ArcGIS versi 10.3
- Google Earth Pro

#### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.Citra satelit ALOS-PALSAR full polarization Level 1.1 Complex, DEM ALOS-PALSAR (Hi-Resolution Terrain Corrected).

- Tanggal akusisi : 2 Mei 2009
- Mode beam : Polarimetry (PLR)
- Path : 415
- Frame : 7150
- Asc/Descending : Ascending
- Polarization : Quadrature
- Off nadir angle : 23,1°
- Faraday rotation : -0,54°
- Absolute orbit : 17424
- Frequenzy : L-Band

2.Peta RBI skala 1 : 50.000 (Indeks Peta : 1814-12, 1814-21, 1814-23).

3.Data hasil pengukuran kelembaban tanah di wilayah Kabupaten Paser, Kalimantan Timur.

### 1.6 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian :

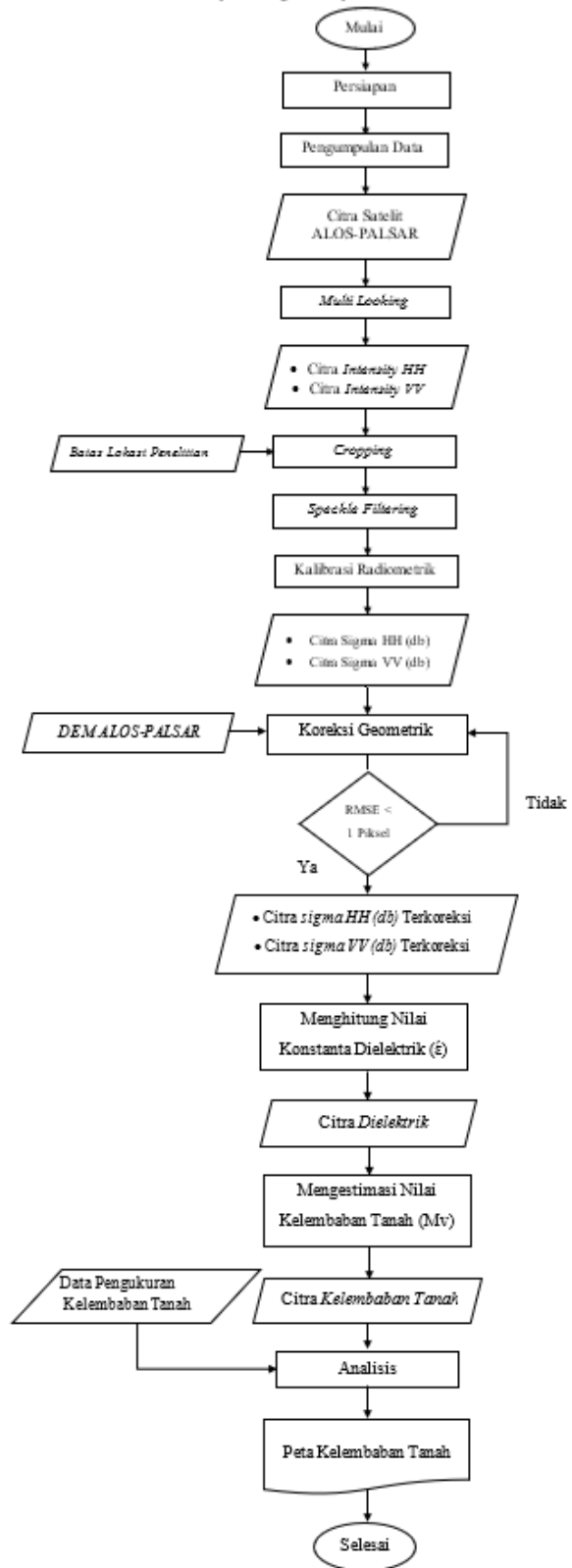


Diagram alir penelitian berisi tahapan-tahapan yang harus dilakukan, tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut :

**a. Persiapan**

Tahapan persiapan meliputi studi literatur dan penyiapan peralatan yang digunakan dalam penelitian. Studi literatur dilakukan untuk meningkatkan pemahaman peneliti tentang teori-teori yang relevan terhadap masalah yang diteliti yaitu kelembaban tanah. Penyiapan peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi penyiapan *hardware* dan *software*.

**b. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pada penelitian ini, data yang penulis kumpulkan berupa data citra satelit ALOS-PALSAR, DEM ALOS-PALSAR, Peta RBI skala 1: 50.000 (Indeks Peta : 1814-12, 1814-21, 1814-23) dan data pengukuran kelembaban tanah.

**c. Multi Looking**

Pengolahan *multi looking* citra satelit ALOS-PALSAR bertujuan untuk memilih 2 citra *intensity* yaitu citra *intensity* HH dan citra *intensity* VV dengan menggunakan *software* SNAP, selain untuk memilih data citra *intensity* yang akan digunakan dalam penelitian, *multi looking* juga bertujuan untuk menghasilkan tampilan citra dengan ukuran piksel nominal dengan menginput nilai *range looks*. Hasil dari *multi looking* berupa citra *intensity* HH dan citra *intensity* VV dengan ukuran yang lebih proporsional.

**d. Cropping Citra**

*Cropping* citra dilakukan untuk memotong citra sesuai dengan batas lokasi penelitian. Batas lokasi penelitian ditentukan oleh peneliti berdasarkan pada beberapa hal yaitu batas administrasi kecamatan, penyebaran jenis tutupan lahan dan akses keterjangkauan.

**e. Speckle Filtering**

Citra satelit ALOS-PALSAR memiliki *noise* yang melekat seperti tekstur dan disebut *speckles*. *Speckles* ini menurunkan kualitas gambar dan membuat interpretasi fitur menjadi lebih sulit. *Speckle filtering* bertujuan untuk mengurangi jumlah *speckles* pada citra.

**f. Kalibrasi Radiometrik**

Kalibrasi radiometrik penting dilakukan untuk penggunaan citra satelit ALOS-PALSAR secara kuantitatif. Kalibrasi radiometrik bertujuan untuk mengkalibrasi citra *intensity* HH dan citra *intensity* VV agar nilai pada setiap piksel dapat menampilkan nilai hambur-balik citra yang sebenarnya. Hasil dari kalibrasi radiometrik ini berupa citra *sigma nought* HH dan citra *sigma nought* VV dalam satuan *decibel* (dB) menggunakan algoritma kalibrasi radiometrik citra satelit ALOS-PALSAR dengan persamaan dari Sonobe dkk, (2008):  $\sigma^0 = 10\log_{10}(DN^2) + CF \dots \dots \dots (1)$

Keterangan :

$\sigma^0$ : *Sigma Nought* / hambur-balik (dB)

DN: Digital Number citra *Intensity*

CF: Faktor kalibrasi (-83,0)

**g. Koreksi Geometrik**

Koreksi geometrik citra satelit ALOS-PALSAR dilakukan dengan menggunakan metode *terrain correction*. *Terrain correction* dimaksudkan untuk mereduksi distorsi sehingga representasi geometri citra akan sedekat mungkin dengan *real world*. Pada proses ini data yang digunakan adalah data DEM ALOS-PALSAR (*Hi-Resolution Terrain Corrected*) yang tereferensi pada *global geodetic ellipsoid* WGS84. Hasil dari proses koreksi geometrik berupa citra yang telah terkoreksi dengan proyeksi peta “zona UTM : selatan 50” untuk Wilayah Kabupaten Paser.

**h. Menghitung Nilai Konstanta Dielektrik**

Berdasarkan nilai hambur-balik dari citra *sigma nought* HH dan citra *sigma nought* VV, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah mengestimasi nilai konstanta dielektrik menggunakan persamaan Dubois dkk., (1995), sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\log_{10} \left( \frac{(\sigma_{HH}^0)^{0.7857}}{(\sigma_{VV}^0)} \right) 10^{-0.19} \cos^{1.82} \theta \sin^{0.93} \theta \lambda^{0.15}}{-0.024 \tan \theta} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\epsilon$  : Konstanta dielektrik

$\sigma^0$  : *Sigma Nought* (dB)

**i. Mengestimasi Nilai Kelembaban Tanah**

Untuk mengetahui nilai kelembaban tanah, perlu dilakukan estimasi nilai kelembaban tanah ( $M_v$ ) dihitung dengan persamaan Top

dkk., (1980), sebagai berikut :  

$$M_v = (-5.3 \times 10^{-2} + 2.29 \times 10^{-2} \epsilon - 5.5 \times 10^{-4} \epsilon^2 + 4.3 \times 10^{-6} \epsilon^3) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :  
 $M_v$  : Kelembaban tanah  
 (satuan % Meter Volumetrik)  
 $\epsilon$  : Konstanta dielektrik

**j. Analisis**

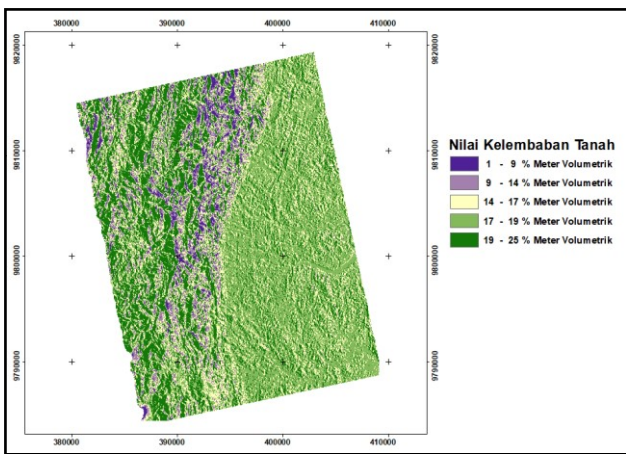
Pada tahapan ini dilakukan analisis mengenai perbedaan nilai kelembaban tanah pada hasil estimasi nilai kelembaban tanah dengan data citra satelit ALOS-PALSAR dengan data hasil pengukuran di lapangan.

**k. Pembuatan Peta Kelembaban Tanah**

Sebagai hasil dari proses pengolahan data, langkah selanjutnya adalah membuat peta kelembaban tanah yang berisi nilai kelembaban tanah wilayah Kabupaten Paser, Kalimantan Timur dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.3.

**1.7 Hasil dan Pembahasan**

Estimasi nilai kelembaban tanah diperoleh dengan menggunakan persamaan Top dkk., (1980) dan diperoleh hasil berupa citra kelembaban tanah sebagai berikut :



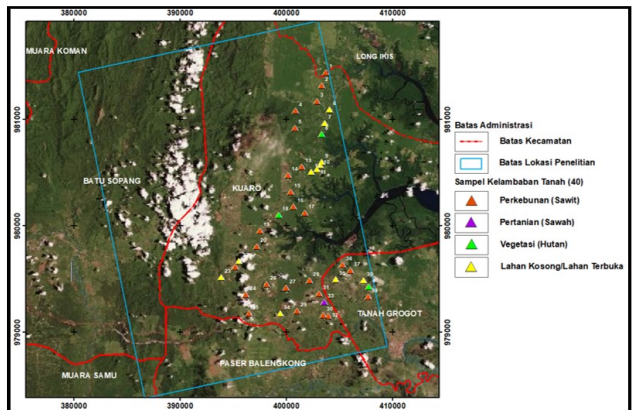
Gambar 2. Citra Kelembaban Tanah

Berdasarkan citra kelembaban tanah, diketahui rentang nilai kelembaban tanah hasil pengolahan data citra satelit ALOS-PALSAR pada lokasi penelitian tersebut adalah 1 – 25 % Mv

(Meter Volumetrik). Nilai rata-rata kelembaban tanah pada lokasi penelitian tersebut adalah 17.39 % Mv. Nilai kelembaban tanah pada rentang 1 - 100 % Mv diklasifikasikan menjadi 3 level yaitu basah (*wet*), agak basah (*medium*) dan kering (*dry*). Hasil tersebut menunjukkan nilai kelembaban tanah wilayah Kabupaten Paser pada bulan Mei berada pada kelas kelembaban kering.

Nilai kelembaban tanah dengan rentang nilai 19-25 % Mv adalah rentang nilai tertinggi salah satunya berada pada jenis tutupan lahan bervegetasi lebat (Hutan). Hal ini dikarenakan tajuk-tajuk vegetasi mampu menahan dan mengurangi radiasi yang jatuh pada permukaan tanah sehingga laju *evaporasi* pada permukaan tanah tersebut tidak terlalu besar dibandingkan tutupan lahan lainnya.

Berikut merupakan persebaran sampel kelembaban tanah di wilayah Kabupaten Paser pada tanggal 22 Mei 2018 :



Gambar 3. Hasil pengukuran sampel

Jumlah titik sampel pengukuran kelembaban tanah adalah 40, yang terbagi menjadi 26 titik sampel tutupan lahan perkebunan sawit, 11 titik sampel tutupan lahan kosong/lahan terbuka, 3 titik sampel tutupan lahan vegetasi (hutan) dan 1 titik sampel tutupan lahan pertanian (sawah). Tutupan lahan pada sampel-sampel tersebut merupakan jenis tutupan lahan yang sama pada citra bulan mei tahun 2009 dan di lapangan pada bulan mei tahun 2018.

Perbedaan jumlah sampel pada tiap-tiap tutupan lahan disebabkan oleh luas jenis tutupan lahan yang sangat berbeda. Jumlah sampel perkebunan sawit lebih banyak karena jenis tutupan lahan pada lokasi penelitian yang tersebar dan tidak memiliki banyak perubahan dari tahun 2009 adalah perkebunan sawit. Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban tanah salah satunya adalah vegetasi, untuk itu peneliti mengambil sampel lain dengan tutupan lahan kosong/lahan

terbuka karena jenis tutupan lahan tersebut merupakan jenis tutupan lahan yang kelembaban tanahnya rentan berubah.

Berikut merupakan analisis perbedaan nilai kelembaban tanah hasil pengolahan data dengan hasil pengukuran kelembaban tanah :

Tabel 1. Hasil Analisis Perbedaan Nilai

No.	Nama Titik	Hasil Pengukuran	Hasil Pengolahan Data
1	Lombok_Sawit_1	18	17.55
2	Sandeley_Sawit_1	15	16.07
3	Sandeley_Sawit_2	19	19.44
4	Modang_Sawit_1	18.5	18.65
5	Modang_Sawit_2	21	19.02
6	Modang_LK_1	18	19.03
7	Modang_LK_2	17	20.83
8	Modang_Hutan_1	19	19.67
9	Rangan_LK_1	21	17.17
10	Rangan_LK_2	20	17.04
11	Rangan_LK_3	15	14.75
12	Rangan_LK_4	23	18.27
13	Rangan_Sawit_1	19.5	18.49
14	Rangan_Sawit_2	18.5	18.24
15	Rangan_Sawit_3	18	16.45
16	Rangan_Sawit_4	18	16.98
17	Rangan_Sawit_5	20	18.33
18	Rangan_Hutan_1	17	16.96
19	Kuaro_Sawit_2	18	17.71
20	Kuaro_Sawit_1	18	18.21
21	Kuaro_Sawit_3	18.5	18.09
22	Kuaro_LK_1	19	18.57
23	Lolo_LK_1	19	17.27
24	Lolo_Sawit_1	17	18.20
25	Lolo_Sawit_3	20	19.83
26	Lolo_Sawit_2	18.5	19.04
27	Lolo_Sawit_4	19	17.63
28	Lolo_Sawit_5	18	16.95
29	Lolo_Sawit_6	19.5	19.00
30	Lolo_Sawit_7	18	18.40
31	Lolo_Sawit_8	21	19.44
32	Lolo_Sawit_9	18	19.53
33	Lolo_Sawah_1	18	18.48
34	Lolo_LK_2	18	18.01
35	Janju_LK_1	12	19.51
36	Janju_Sawit_1	22	21.24
37	Janju_Sawit_2	20	20.54
38	Sempulang_Sawit_1	18	19.21

39	Sempulang_LK_1	19.5	17.42
40	Sempulang_Hutan_1	18	18.18

Referensi yang digunakan harus disitasi dari buku, jurnal, website, dan literatur lain yang relevan. Referensi diurutkan berdasarkan alphabet.

Pada penelitian ini analisis dikategorikan menjadi dua yaitu :

1. Sesuai toleransi akurasi alat ukur apabila perbedaan nilai kelembaban tanah dalam rentang  $\pm 2\%$  Mv dengan persamaan ( $-2\% \leq \text{Perbedaan Nilai } \% \text{ Mv} \leq 2\%$ ).
2. Tidak sesuai toleransi akurasi alat ukur apabila perbedaan nilai kelembaban tanah lebih besar dari  $\pm 2\%$  Mv dengan persamaan ( $-2\% \leq \text{Perbedaan Nilai } \% \text{ Mv} \geq 2\%$ ).

Berdasarkan analisis perbedaan nilai tersebut, pada 40 titik sampel pengukuran kelembaban tanah terdapat 5 titik sampel yang **tidak sesuai toleransi akurasi alat ukur**.

Berdasarkan hasil analisis perbedaan nilai kelembaban tanah, terdapat 35 titik sampel yang sesuai dengan toleransi akurasi alat ukur. Sampel-sampel tersebut merupakan sampel dengan jenis tutupan lahan yang sama pada citra di bulan Mei tahun 2009 dan Mei 2018. Hal ini membuktikan bahwa nilai kelembaban tanah hasil pengolahan data citra satelit ALOS-PALSAR pada bulan tahun 2009 dapat digunakan sebagai data nilai kelembaban tanah pada suatu lokasi dengan jenis tutupan lahan yang sama di lapangan pada bulan yang sama.

Lama perebedaan tahun pada citra dan lapangan tidak berpengaruh besar pada nilai kelembaban tanah dengan jenis tutupan lahan yang sama seperti pada jenis tutupan lahan perkebunan sawit. Sedangkan pada jenis tutupan lahan kosong/lahan terbuka, jenis tutupan lahan tersebut merupakan jenis tutupan lahan yang kelembaban tanahnya rentan berubah dan memiliki perbedaan nilai yang besar.

Dari 40 titik sampel pengukuran kelembaban tanah yang diambil, perlu dilakukan perhitungan uji akurasi dengan persamaan berikut ini:

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi

Jenis Sampel	Sesuai Toleransi	Tidak Sesuai Toleransi	Jumlah
Perkebunan Sawit	26		26
Lahan Terbuka	6	5	11
Vegetasi (Hutan)	3		3
Pertanian (sawah)	1		1
<b>Total Sampel</b>	<b>35</b>	<b>5</b>	<b>40</b>

Sehingga diperoleh :

Akurasi Keseluruhan (*Overall Accuracy*)

$$: (25 + 6 + 3 + 1)/40 \times 100 \% = 87,5 \%$$

Dari hasil perhitungan uji akurasi tersebut, diperoleh nilai akurasi keseluruhan yaitu 87,5 %. Sehingga telah memenuhi syarat sebagaimana yang dikemukakan oleh Short (1982) dalam Sutanto (1987), bahwa syarat ketelitian penelitian ini adalah lebih dari atau sama dengan 80 %.

## 1.9 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil estimasi nilai kelembaban tanah di wilayah Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan citra satelit ALOS-PALSAR pada bulan Mei tahun 2009 berada pada rentang nilai 1-25 % Mv dengan klasifikasi berada pada kelas kelembaban tanah kering (*Dry*).
2. Hasil analisis 40 sampel pengukuran kelembaban tanah menunjukkan bahwa nilai kelembaban pada jenis tutupan lahan dan lokasi yang sama, memiliki akurasi 87,5 % sesuai dengan toleransi akurasi alat ukur.

## 1.10 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, saran yang dapat digunakan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Melakukan identifikasi nilai kelembaban tanah dengan data citra satelit jenis SAR polarisasi HH dan HV agar lebih mudah pada saat pemilihan lokasi penelitian.
2. Penelitian dilakukan pada wilayah dengan tutupan lahan yang lebih terbuka atau tidak tertutup oleh vegetasi yang lebat.
3. Pengambilan sampel pengukuran kelembaban tanah di lakukan pada bulan yang sama dengan bulan akuisisi citra.

## 1.11 Referensi

- Aronoff, S. (1985) The minimum accuracy value as an index of classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(1):99-111.
- Dubois, P.C., Vanzyl, J.J. and Engman, T. 1995. "Measuring soil moisture with imaging radars". *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*. 33:916-926.
- Prasasti, I., Ita Carolita, Ramdani A.E., dan Idung Risdiyanto. 2011. "Pemanfaatan Data Alos Palsar dalam Pemetaan Kelembaban Tanah" *Jurnal Geomatika SAR Nasional (Geo SARNas)* 157-168.
- Rao, Y.S., G. Singh and G. Venkataraman .2008. "Soil moisture mapping using ALOS PALSAR Quad-pol data". *Proc. of Int. Conference on Microwave 08, Jaipur, India during Nov. 21-14, 2008*, pp.214-216
- Sonobe. R., Tani, H., Wang, X., dan Fukuda, M. 2008. "Estimation of soil moisture for bare soil field using alos/palsar hh polarization data". *Agricultural information research* 17(4):171-177.
- Sutanto. 1987. "Penginderaan Jauh Jilid I". Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Top, G. C., Davis, J. L., and Annan, A. P. 1980. "Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines". *Water resource res.* 16:574-582.