





HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Mia Rizkinia
NPM : 0906644152
Tanda Tangan :
Tanggal : 17 Desember 2010



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Mia Rizkinia
NPM : 0906644152
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tesis : Pengolahan Citra ALOS/PALSAR dengan Metode DInSAR dan Log Ratio untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Banjir di Jakarta berdasarkan Penurunan Muka Tanah (PMT)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Dodi Suidiana, M.Eng (.....)
Penguji : Dr. Ir. Arman Djohan D. (.....)
Penguji : Dr. Ir. Retno Wigajatri P., M.T (.....)
Penguji : Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc., Ph.D (.....)

Ditetapkan di :

Tanggal :

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) **Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.**, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) pihak Departemen Teknik Elektro yang telah banyak membantu dan memfasilitasi penyelesaian tesis ini;
- (3) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) sahabat-sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 17 Desember 2010

Penulis,

Mia Rizkinia
NPM 0906644152

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

**Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan
di bawah ini:**

Nama : Mia Rizkinia
NPM : 0906644152
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengolahan Citra ALOS/PALSAR dengan Metode DInSAR dan Log Ratio
untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Banjir di Jakarta berdasarkan
Penurunan Muka Tanah (PMT)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 17 Desember 2010

Yang menyatakan

(Mia Rizkinia)

ABSTRAK

Nama : Mia Rizkinia
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Pengolahan Citra ALOS/PALSAR dengan Metode DInSAR dan Log Ratio untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Banjir di Jakarta berdasarkan Penurunan Muka Tanah (PMT)
Pembimbing : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.

Banjir yang terjadi di Jakarta tidak hanya dapat dipengaruhi oleh faktor curah hujan, sistem tata kota, dan drainase saja, tetapi juga dapat melibatkan faktor penurunan muka tanah (PMT). PMT di Jakarta dimungkinkan karena Jakarta berdiri di atas lapisan sedimen dan adanya pengambilan air tanah dalam jumlah yang sangat besar. Penelitian ini akan mengolah data ALOS/PALSAR untuk menentukan tingkat PMT di wilayah Jakarta dan hubungannya dengan daerah rawan banjir. Metode Differensial Interferometri (DInSAR) dilakukan pada dua data PALSAR untuk wilayah yang sama dengan waktu akuisisi yang berbeda, yaitu tahun 2007 dan 2008. Pengolahan DInSAR akan dihasilkan citra yang mengandung informasi PMT yang dapat diterjemahkan. Untuk memperkuat analisa terhadap daerah perubahan, diterapkan algoritma *Log Ratio* terhadap dua citra tersebut. Citra hasil *Log Ratio* kemudian ditumpangkan (*overlay*) dengan citra DInSAR dan peta genangan Jakarta tahun 2009, sehingga didapat hubungan antara PMT dengan banjir dan peta kerawanan banjir Jakarta berdasarkan PMT. Diperoleh hasil PMT daerah banjir berkisar pada rata-rata 10,57 cm, dengan nilai minimum 5,25 cm dan maksimum 22,5 cm. Semakin besar nilai PMT, genangan yang terjadi juga cenderung semakin tinggi. Kecuali pada beberapa wilayah yang memiliki kondisi khusus, seperti adanya waduk, pemecahan aliran sungai, sistem pompa air dan pintu air. Akurasi citra hasil DInSAR cukup baik dengan selisih 0,03 cm (0,18%) hingga 0,55 cm (3,37%) dibanding pengukuran GPS. Hasil ini dapat menjadi bahan rekomendasi kepada Pemerintah Daerah DKI Jakarta untuk meminimalisir risiko potensi terjadinya PMT dan banjir, sekaligus menjadi bahan perencanaan tata kota Jakarta untuk ke depannya.

Kata kunci: PMT, ALOS, PALSAR, banjir, multi temporal, DInSAR, *Log Ratio*

ABSTRACT

Name : Mia Rizkinia
Study Program : Teknik Elektro
Title : ALOS/PALSAR Image Processing using DInSAR and Log Ratio Method for Flood Potential Area Early Detection in Jakarta based on Land Subsidence
Supervisor : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.

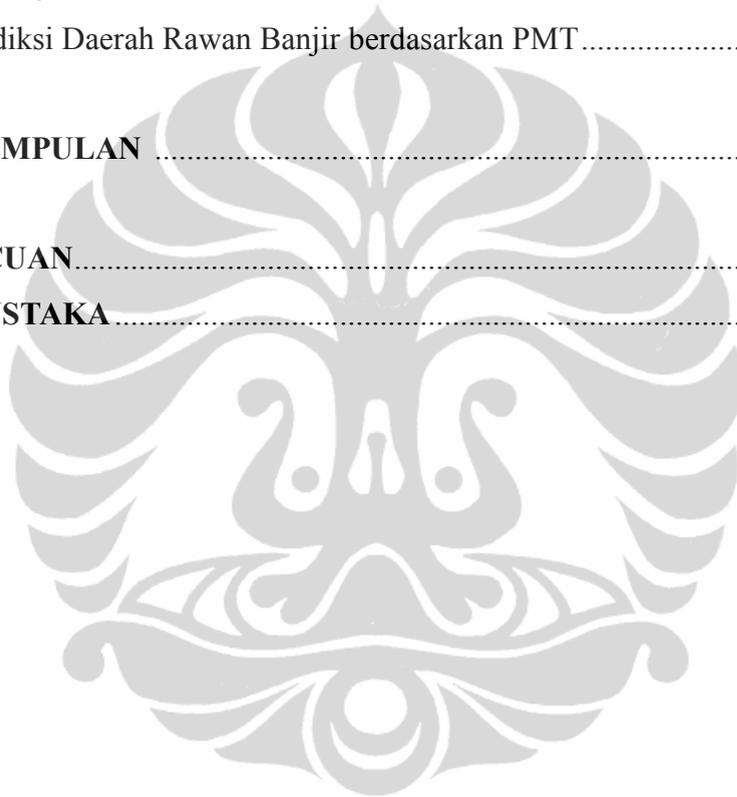
Floods that occurred in Jakarta is not only be influenced by factors of rainfall, urban planning systems, and drainage alone, but also may involve land subsidence (LS). LS in Jakarta possible because Jakarta is standing on top of layers of sediments and the presence of ground water consumption in very large quantities. In this research, we will process ALOS / PALSAR data to determine the level of LS in the Jakarta area and its relation to flood prone areas. Differential interferometry method (DInSAR) was performed on two PALSAR data for the same region with different acquisition times, i.e. in 2007 and 2008, and respectively. DInSAR processing will generate image containing information that can be translated into LS. To find the elevation changing area, Log Ratio algorithm is applied to two images as an additional analysis. The Log Ratio image is superimposed with the image of DInSAR result and Jakarta inundation map of 2009, in order to get the relationship between the LS with the flood and flood vulnerability map of Jakarta based on LS. It is found that land on the flood area subsided in average 10.57 cm, with a minimum value of 5.25 cm and a maximum of 22.5 cm. The greater the value of LS, inundation area also tend to widen, except in a few areas that have special conditions, such as reservoirs, river flow solution, water pump system and floodgates. Accuracy of DInSAR result image is quite high, with the difference of 0.03 cm (0,18%) to 0.55 cm (3.37%) compared to GPS measurements. These results can be recommended to the local government of Jakarta to minimize the potential risk of LS and floods, as well as the subject of city planning for the future.

Keywords : PMT, ALOS, PALSAR, flood, multi temporal, DInSAR, Log Ratio

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Singkatan	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Tinjauan Umum Satelit ALOS	4
2.2. Tinjauan Umum PALSAR	5
2.3 Prinsip Interferometri SAR (InSAR)	6
2.4 Prinsip Differensial Interferometri SAR (DInSAR)	10
2.5 Pengendalian Banjir di Daerah Aliran Sungai Ciliwung	13
BAB III PERANCANGAN	18
3.1. Diagram Alir	19
3.2 Kebutuhan Data	19
3.3. Perangkat Lunak	24

3.4. Proses Konversi Data PALSAR Level 1.0 ke SLC	26
3.5. Proses Differensial Interferometri	26
3.6. Deteksi Perubahan dengan Metode <i>Log Ratio</i>	26
BAB IV HASIL DAN ANALISA	28
4.1. DInSAR	28
4.2. Peta Genangan Jakarta.....	33
4.3. Overlay.	34
4.4. Prediksi Daerah Rawan Banjir berdasarkan PMT	39
BAB V KESIMPULAN	42
DAFTAR ACUAN.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44



DAFTAR GAMBAR

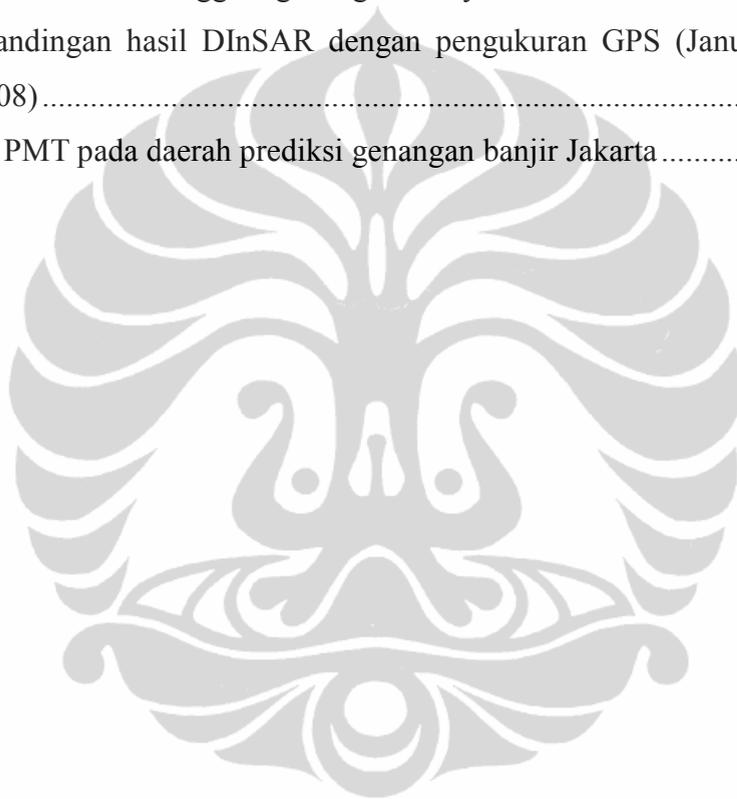
Gambar 1	Gambaran dari satelit ALOS.....	4
Gambar 2	Konsep observasi PALSAR.....	5
Gambar 3	Teknik-teknik pengolahan data SAR untuk deteksi fasa	7
Gambar 4	Skenario ideal geometri DInSAR	10
Gambar 5	Skenario riil geometri DInSAR	11
Gambar 6	Ilustrasi dua waktu akuisisi untuk penurunan rumus.....	11
Gambar 7	Cara memperoleh differensial interferogram melibatkan tiga citra.....	12
Gambar 8	Cara memperoleh differensial interferogram melibatkan DEM	12
Gambar 9	Sistem pengendalian banjir di DAS Kali Ciliwung.....	15
Gambar 10	Instalasi pengendalian Banjir Kanal Barat	17
Gambar 11	Diagram alir pengolahan data PALSAR untuk Peta Rawan Banjir Jakarta.....	18
Gambar 12	Diagram alir pengolahan data PALSAR untuk proses DInSAR.....	19
Gambar 13	Diagram alir proses komputasi citra perubahan <i>Log Ratio</i>	22
Gambar 14	Citra <i>master</i> PALSAR, Januari 2007.....	23
Gambar 15	Citra <i>slave</i> PALSAR, November 2008	23
Gambar 16	Hasil rekonstruksi data PALSAR level 1.0 wilayah Jakarta dan sekitarnya (November 2008)	29
Gambar 17	Setelah citra dikoreksi dengan DEM SRTM	30
Gambar 18	Fringe interferometri.....	31
Gambar 19	Hasil DInSAR Jakarta dan sekitarnya dari data November 2008 dan Januari 2007.....	32
Gambar 20.	Peta Genangan Banjir Januari 2009.....	33
Gambar 21.	Hasil overlay citra hasil DInSAR, Log Ratio dan peta genangan	34
Gambar 22.	DInSAR dan poligon genangan wilayah A-F	35
Gambar 23.	Grafik PMT dan genangan wilayah A-F.....	36
Gambar 24.	DInSAR dan poligon genangan wilayah G-H	37
Gambar 25.	DInSAR dan poligon genangan wilayah J-N	37
Gambar 26.	Grafik PMT dan genangan wilayah G - N.....	39

Gambar 27. DInSAR dan poligon genangan wilayah O-Z.....	40
Gambar 28. Grafik PMT dan genangan wilayah O-Z	41
Gambar 29. Prediksi genangan banjir Jakarta berdasarkan PMT.....	43
Gambar 30. Peta Proyeksi Banjir Jakarta Tahun 2007 (Dinas PU DKI Jakarta)...	44



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pesebaran wilayah tergenang banjir Jakarta per 16 Januari 2009	25
Tabel 2 Besar PMT dan ketinggian genangan wilayah A-F	35
Tabel 3 Besar PMT dan ketinggian genangan wilayah G-H	37
Tabel 4 Besar PMT dan ketinggian genangan wilayah J-N.....	38
Tabel 5 Besar PMT dan ketinggian genangan wilayah O-Z.....	40
Tabel 6 Perbandingan hasil DInSAR dengan pengukuran GPS (Januari 2007 - November 2008).....	42
Tabel 7 Besar PMT pada daerah prediksi genangan banjir Jakarta	42



DAFTAR SINGKATAN

PMT	Penurunan Muka Tanah
SAR	Synthetic Aperture Radar
InSAR	Interferometri SAR
DInSAR	Differensial Interferometri SAR
ALOS	Advanced Land Observing Satellite
DEM	Digital Elevation Model
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
PRISM	Panchromatic Remote-sensing Instrument Stereo Mapping
AVNIR-2	Advanced Visible and Near Infrared Radiometer tipe 2
PALSAR	Phased Array type L-Band Synthetic Aperture Radar
SSO	Sun-synchronous Sub-recurrent Orbit
SLC	Single Look Complex.
FFT	Fast Fourier Transform
GCP	Ground Control Point

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Jakarta merupakan salah satu ibu kota negara yang sering mengalami banjir. Banjir menjadi suatu bencana yang tak hanya menelan korban jiwa, harta benda, merusak infrastruktur, tetapi juga mempengaruhi produktivitas kerja karena aktivitas harian warga ibu kota bahkan pemerintahan menjadi terganggu. Selain karena faktor perusakan lingkungan oleh manusia, banjir di Jakarta tidak lepas dari struktur tanah dan kondisi geografisnya yang dilalui sungai-sungai kecil. Jakarta dilewati oleh sungai ciliwung dan anak-anak sungainya. Tanah di bawahnya terdiri dari lapisan sedimen, yang mengalami penurunan muka tanah (PMT) karena pengaruh pengambilan air tanah dalam jumlah besar dan berdirinya bangunan-bangunan besar di atasnya. Selain faktor topografi, fenomena PMT dapat menjadi salah satu faktor sekaligus parameter indikasi banjir suatu wilayah.

Banjir yang mungkin terjadi dapat dideteksi sedini mungkin agar dapat diantisipasi dengan cepat dalam jangka pendek dan dibuat perencanaan penanggulangannya dalam jangka panjang. Sistem pendeteksian bisa dibuat dengan berbagai metode, dengan observasi *in situ* maupun dengan penginderaan jauh (inderaja). Sistem pengukuran *in situ* walaupun memberikan hasil yang sangat akurat, namun tidak dapat digunakan untuk melakukan pemetaan kawasan rawan banjir atau wilayah yang mengalami penurunan muka tanah untuk area seluas Jakarta. Untuk itu, data satelit penginderaan jauh menjadi salah satu solusinya. Walaupun sulit diinterpretasi secara langsung, dengan kemampuan penetrasi langsung ke permukaan Bumi, data inderaja jenis radar memiliki keunggulan dibanding data optik karena tidak terganggu oleh keadaan cuaca hujan.

Studi dan analisa data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) untuk memantau PMT telah dilakukan dengan pendekatan differensial interferometri (DInSAR) untuk wilayah New Orleans dan Louisiana (Amerika Serikat) [1], Bologna, Mexico City [2] dan Semarang [3]. Pada paper [2], DInSAR dibandingkan dengan

pendekatan deteksi perubahan klasik menggunakan Mean Ratio Detector (MRD). Pada paper [3], interferometri dilakukan dengan metode Multiple Acquisition Radar Interferometri yang prinsipnya sama seperti DInSAR. DInSAR memiliki keuntungan bahwa jumlah citra SAR yang dibutuhkan lebih sedikit dengan beragam titik akuisisi spasial, piksel-pikselnya juga menunjukkan tingkat koherensi yang baik pada seluruh set interferogram [4]. Interferometri yang dihasilkan dari data PALSAR yang berpanjang gelombang *L-band* juga menguntungkan, terkait phase *unwrapping* yang sering bermasalah pada interferometri data SAR berpanjang gelombang *C-band* seperti satelit European Remote Sensing (ERS). Pada [5] pun disimpulkan bahwa interferometri dari SAR *L-band* menjadi metode yang tepat untuk memantau PMT di Jepang.

Di dalam penelitian ini akan dihasilkan peta wilayah potensi banjir berbasis data inderaja ALOS/PALSAR untuk kawasan Jakarta berdasarkan PMT. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan pengolahan citra untuk menghasilkan bahan pengambilan keputusan untuk tindakan pencegahan banjir dan juga untuk perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian pembangunan kota yang berkelanjutan. Data radar yang digunakan adalah ALOS/PALSAR untuk analisa PMT dan data DEM (Digital Elevation Model) dari Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Luaran berupa peta kerawanan banjir Jakarta berdasarkan PMT.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penulisan penelitian ini adalah membuat sebuah skenario baru pendeteksian dini daerah rawan banjir di Jakarta menggunakan pengolahan citra ALOS/PALSAR berdasarkan Penurunan Muka Tanah (PMT).

1.3 BATASAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini dibatasi pada pengolahan citra ALOS/PALSAR daerah Jakarta untuk mendapatkan Penurunan Muka Tanah (PMT) yang akan dikaitkan dengan peta banjir Jakarta dan dianalisa daerah rawan banjir di Jakarta.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi empat bab, yaitu:

Bab 1 Pendahuluan

Bagian ini terdiri dari latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab 2 Dasar Teori

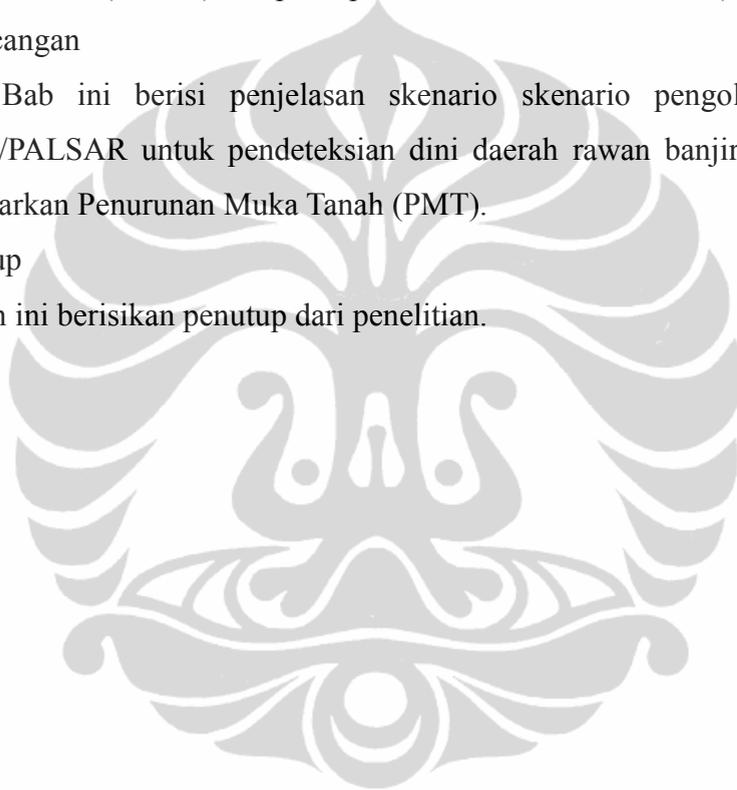
Bagian ini berisi tinjauan umum ALOS, tinjauan umum PALSAR, prinsip interferometri (InSAR) dan prinsip differensial interferometri (DInSAR).

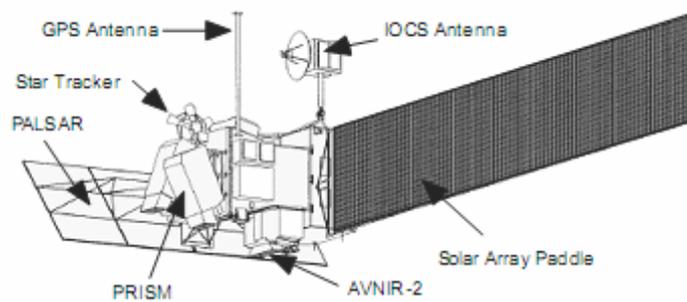
Bab 3 Perancangan

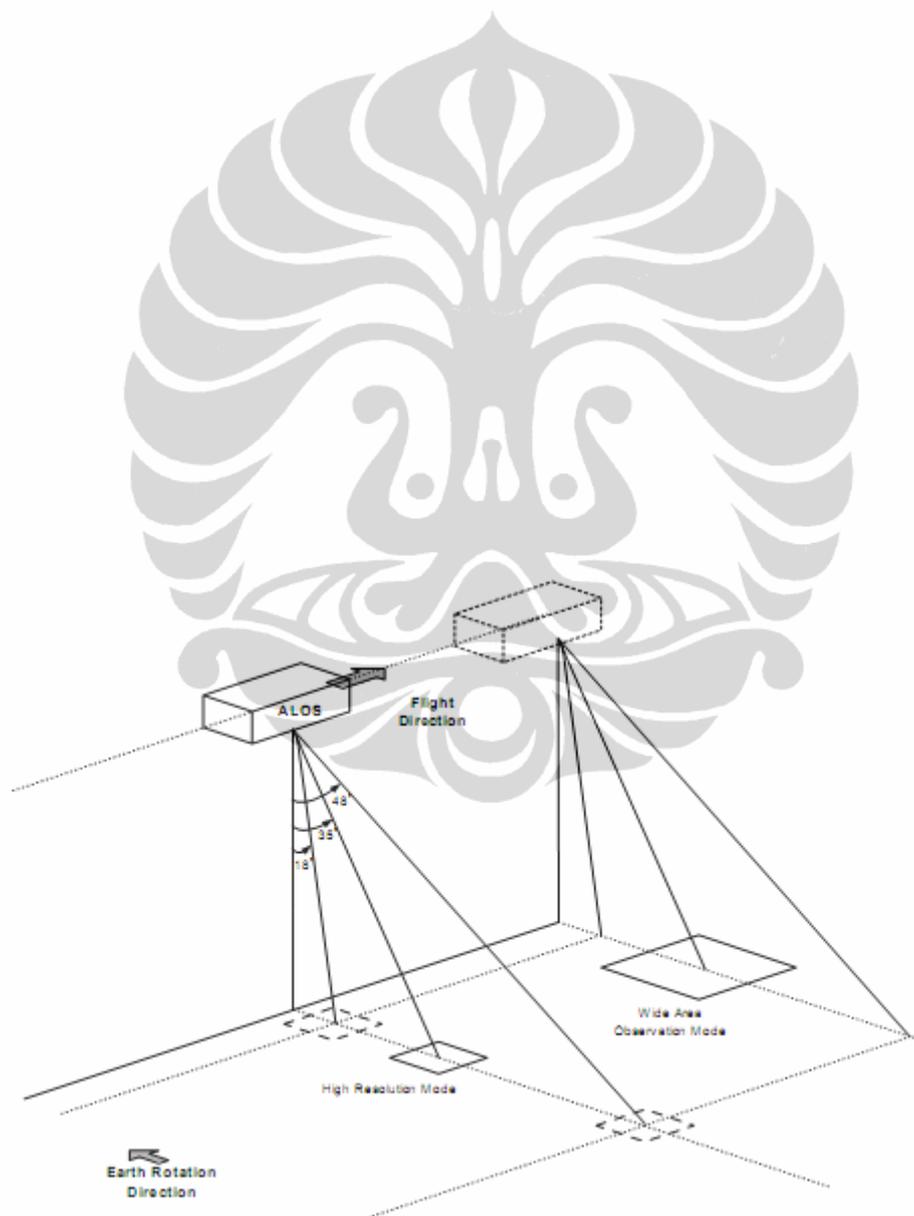
Pada Bab ini berisi penjelasan skenario skenario pengolahan citra ALOS/PALSAR untuk pendeteksian dini daerah rawan banjir di Jakarta berdasarkan Penurunan Muka Tanah (PMT).

Bab 4 Penutup

Bagian ini berisikan penutup dari penelitian.







Level produk data PALSAR terdiri dari tiga jenis, yaitu:

1. Level 1.0

Data yang direkonstruksi dari data mentah, data sinyal belum diproses yang disertai penambahan koefisien koreksi geometrik dan radiometrik, namun belum diterapkan. File citra terpisah untuk setiap polarisasi (HH, VV, HV, VH).

2. Level 1.1

Pada data telah dilakukan *range compression* dan *azimuth compression*. Data berupa data kompleks pada *slant range*. File citra juga terpisah untuk setiap polarisasi.

3. Level 1.5

Citra terproses secara *multi-look* diproyeksikan ke koordinat peta. Garis Lintang dan Bujur pada produk telah dikalkulasikan tanpa mempertimbangkan ketinggian. Hal ini dilakukan dengan geocode sistematis (G) atau georeference sistematis (R). File citra juga terpisah untuk setiap polarisasi dan hanya dipilih salah satu teknik, G atau R.

Pada dasarnya mode akuisisi PALSAR sama dengan mode akuisisi SAR. Tergantung pada sistem konfigurasinya, sensor SAR dapat memperoleh data dalam beberapa mode yang berbeda, yaitu Stripmap, ScanSAR dan Spotlight. Namun dengan mempertimbangkan citra diperoleh dengan geometri akuisisi yang sedikit berbeda, informasi tambahan dapat diperoleh dengan memanfaatkan teknik pengolahan tertentu seperti interferometri, polarometri dan polarimetri-interferometri.

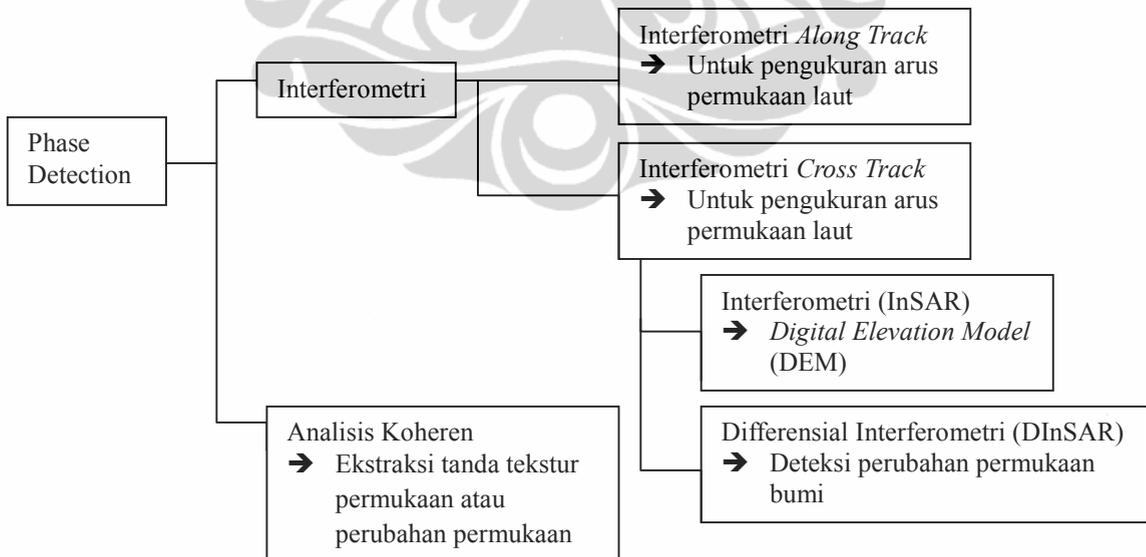
2.3 PRINSIP INTERFEROMETRI SAR (INSAR)

Untuk mengetahui perubahan ketinggian permukaan bumi, teknik pengolahan yang sesuai untuk diterapkan adalah interferometri. Interferometri adalah teknik yang menggunakan pengukuran fasa untuk memperoleh perubahan jarak pada dua citra SAR atau lebih dari daerah yang sama, dengan begitu akan didapat informasi yang lebih dibandingkan yang didapat dari satu citra. Hasil beda fasa ini berupa sebuah citra baru yang disebut interferogram. Interferogram

merupakan citra berpola *fringe* yang mengandung semua informasi pada geometri relatif. Interferometri SAR dikenal dengan istilah InSAR.

Citra SAR yang kedua pada teknik InSAR pasti diperoleh dari posisi sensor yang sedikit bergeser dari posisi pengambilan citra pertama. Perbedaan antara akuisisi citra pertama dan kedua menentukan jenis interferometer yang dihasilkan. Beberapa bentuk umumnya adalah *across-track(range)*, *along-track(azimuth)* dan differensial.

Across-track terutama digunakan untuk informasi topografi menggunakan perbedaan pada posisi *across-track*. *Along-track* pada umumnya ditujukan untuk informasi arus laut dan deteksi objek bergerak yang dapat diperoleh pada perbedaan waktu akuisisi yang singkat (dalam orde ms hingga s). Sedangkan differensial menggunakan perbedaan waktu dalam orde hari hingga tahun, dan umumnya digunakan untuk mengamati aliran es atau aliran lava saat menggunakan orde hari. Sedangkan jika pengamatan hingga orde tahun, differensial interferometri SAR (DInSAR) ini sangat efektif menjadi metode untuk mengamati penurunan muka tanah, peristiwa seismik dan juga aktivitas vulkanik. Gambar 3 menunjukkan diagram teknik-teknik pengolahan SAR.



Gambar 3. Teknik-teknik pengolahan data SAR untuk deteksi fasa

Proses pengolahan interferometri terdiri dari tujuh tahap, yaitu Interferogram Generation, Interferogram Flattening, Interferometric Coherence,

Phase Unwrapping, Orbital Correction, Phase to Map Conversion, dan Phase to Displacement Conversion.

1. *Interferogram Generation*

Interferogram yang dihasilkan pada tahap ini berasal dari dua citra wilayah yang sama pada waktu akuisisi yang berbeda, masing-masing disebut sebagai *master image* dan *slave image*. Warna pada citra interferogram yang dihasilkan (Cyan-Yellow-Magenta) menunjukkan siklus dari fasa interferometrik (modulo 2π). Karena posisi antenna yang sedikit berbeda, beda fasa sistematis pada seluruh *scene* dapat diamati. Untuk memfasilitasi *phase unwrapping*, beda fasa frekuensi yang rendah sesudah itu dihilangkan.

2. *Interferogram Flattening*

Untuk mempersiapkan ke proses *phase unwrapping*, dengan kalkulasi menggunakan sebuah model sistem, fasa yang tidak diharapkan dihilangkan, sehingga menghasilkan interferogram yang diratakan (*flattened interferogram*) yang lebih mudah untuk dilakukan *unwrap*. Citra yang dihasilkan terlihat bahwa jumlah *fringe* menjadi lebih sedikit sehingga lebih memudahkan untuk dilakukan pengukuran PMT pada proses DInSAR.

3. *Interferometric Coherence*

Tujuan tahap ini adalah untuk menentukan kualitas pengukuran (misalnya, fasa interferometri). Fasa yang memiliki nilai koherensi lebih rendah dari 0.3 tidak perlu diperhitungkan pada proses selanjutnya. Tahap ini juga digunakan untuk memfilter data interferometri menggunakan teknik *adaptive filtering* dan menghasilkan informasi tematik dari objek pada permukaan bumi dikombinasikan dengan koefisien backscattering (σ_0).

4. *Phase Unwrapping*

Fasa interferogram hanya bisa mengenal modulo 2π . *Phase Unwrapping* adalah proses yang menyelesaikan ambiguitas 2π ini sehingga bisa didapat gradien fasa yang sebenarnya dari deformasi yang terjadi [7]. Berbagai algoritma telah dikembangkan untuk ini, namun yang paling diandalkan adalah kombinasi dari algoritma-algoritma yang berbeda. Pada citra yang dihasilkan di tahap ini, grey level menunjukkan informasi fasa yang relatif dan harus dikalibrasi untuk dikonversi ke ketinggian permukaan. Tidak ada

diskontinuitas grey level, menunjukkan bahwa tahap ini telah dilakukan dengan benar.

5. *Orbital Correction*

Tahap ini menggunakan beberapa GCP (*Ground Control Point*) yang akurat. Koreksi orbital memungkinkan untuk menghitung offset fasa dan memperbaiki orbit sehingga diperoleh estimasi orbit dan baseline yang lebih akurat. Tahap ini memperhitungkan pergeseran dan konvergensi orbit pada arah *azimuth* dan *range*, serta fasa absolut.

6. *Phase to Map Conversion*

Nilai fasa setelah *unwrapping* dan dikalibrasi secara absolut kemudian dikonversi ke ketinggian dan langsung dilakukan geocode ke dalam proyeksi peta. Tahap ini dilakukan dengan cara yang sama dengan geocode, dengan pendekatan Range-Dopler dan transformasi kartografik dan geodetik terkait. Perbedaan dasarnya dengan geocode adalah bahwa pendekatan Range-Dopler diaplikasikan secara simultan kepada kedua antenna, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan tidak hanya ketinggian setiap piksel, tetapi juga lokasi.

7. *Phase to Displacement Conversion*

Tahap ini merupakan tahap yang menggunakan teknik DInSAR. Pada dasarnya, beda fasa yang diamati adalah akumulasi yang terdiri dari beberapa kontribusi [1].

$$= \textit{topo} + \textit{prop} + \textit{scat} + \textit{move} \quad (1)$$

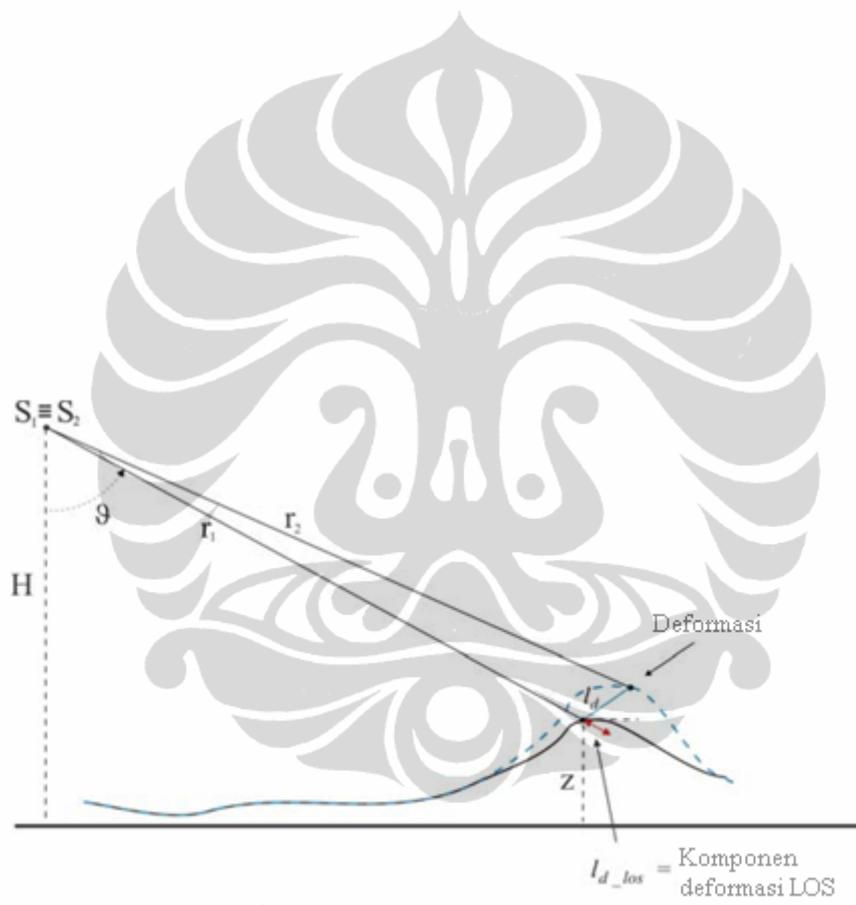
topo = Fasa induksi topografi

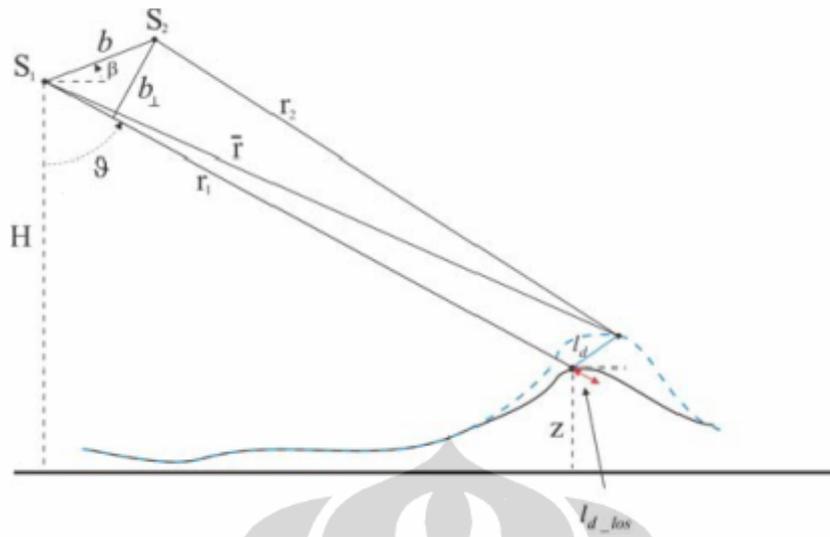
prop = Perbedaan *delay* karena kondisi propagasi ionosferik dan atmosferik

scat = Perbedaan *delay* karena perubahan pola *scattering*

move = Perubahan ketinggian permukaan objek

Tujuan dari DInSAR adalah untuk mengekstrak komponen *move* dari komponen-komponen yang lain. Pada diagram alir, proses menghapus *orbit*



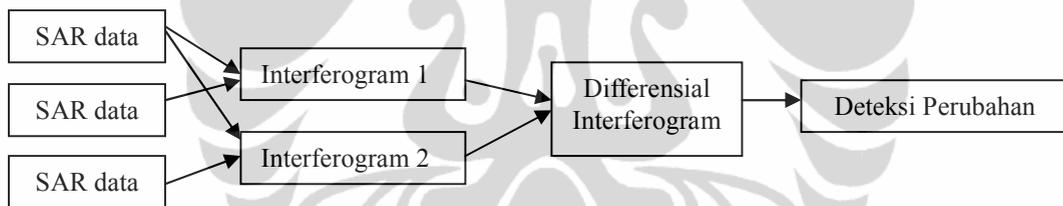


$$\varphi \quad \pi \quad B \sin \theta \quad \alpha \quad Dx \sin \theta \quad Dz \quad \theta$$

lain dalam persamaan di atas perlu dihilangkan agar perhitungan yang didapat hanya untuk komponen ketinggian. Pada aplikasi teknisnya, hal ini dilakukan dengan menghilangkan *vertical variation fringe* dan *feature fringe* [10]. Sehingga persamaan yang menghubungkan fasa dengan RGB adalah:

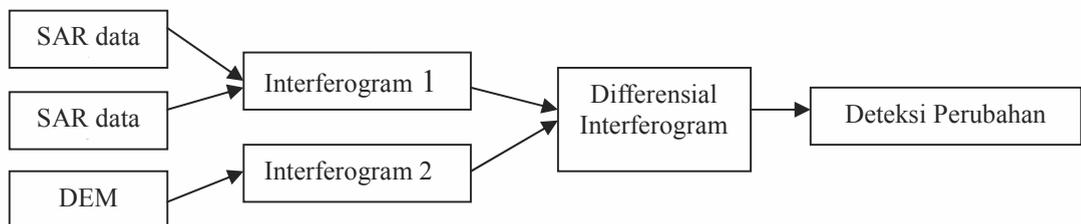
$$\frac{\partial \phi}{\partial Dz} = - \frac{4\pi}{\lambda} \cos \theta \quad (3)$$

Karena panjang gelombang berorde cm, maka teknik DInSAR memungkinkan pengukuran PMT hingga akurasi mm. DInSAR melibatkan setidaknya tiga citra SAR dari wilayah yang sama dari tiga waktu akuisisi yang berbeda. Citra 1 dan 2 digunakan untuk membentuk interferogram dari topografi daratan menggunakan teknik interferometrik dasar. Begitu juga untuk citra 2 dan 3 menghasilkan interferogram selanjutnya dari wilayah yang sama. Dua interferogram ini kemudian dibedakan (differensial) untuk melihat adanya perubahan yang terjadi pada permukaan bumi tersebut. Hal ini dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 7. Cara memperoleh differensial interferogram langsung dari tiga citra

Pilihan lain adalah dengan menggunakan hasil DEM (Digital Elevation Model) untuk interferogram yang kedua. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Cara memperoleh differensial interferogram dengan melibatkan DEM

2.5 PENGENDALIAN BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CILIWUNG [15], [16]

Wilayah DKI Jakarta dialiri oleh 14 sungai, dengan sungai terbesarnya adalah Ciliwung. Sungai-sungai ini membentuk pola aliran yang menjari, sehingga cukup banyak daerah di Jakarta yang berada di sekitar aliran sungai-sungai kecil. Keempatbelas sungai yang dimaksud adalah:

1. Kali Angke
2. Kali Buaran
3. Kali Cakung
4. Kali Cakung Timur
5. Kali Cideng
6. Kali Ciliwung
7. Kali Cipinang
8. Kali Grogol
9. Kali Jatikramat
10. Kali Kamal
11. Kali Krukut
12. Kali Pesanggrahan
13. Kali Sunter
14. Kali Tanjungan

Sungai-sungai ini membentuk pola aliran yang menjari, sehingga cukup banyak daerah di Jakarta yang berada di sekitar aliran sungai. Daerah yang dekat dengan tepi sungai, rawan mengalami banjir. Terutama yang dilalui sungai besar seperti Ciliwung. DAS Ciliwung berhulu di Gunung Gede Pangrango dengan ketinggian sekitar 1.500 mdpl (meter di atas permukaan laut) dan bermuara di Teluk Jakarta.

Di wilayah Jakarta, sungai Ciliwung menerima aliran dari Kali Krukut yang berasal dari suatu danau yang terdapat di selatan Kota Depok. Kali Krukut sendiri juga mempunyai anak sungai yakni Kali Cideng (yang mengalir antara Kali Ciliwung) dan Kali Krukut, kemudian mengalirkan airnya pada suatu lembah besar yang dahulu disebut Rawa Menteng. DAS Ciliwung dan Cisadane yang

melewati pusat kota Jakarta dapat dikelompokkan lagi menjadi tiga sub-wilayah, yaitu: - sub-wilayah sungai Cisadane – Cidurian di bagian barat, - sub-wilayah sungai Ciliwung dan sekitarnya di bagian tengah, dan - sub-wilayah sungai Bekasi – Cibeet di bagian timur.

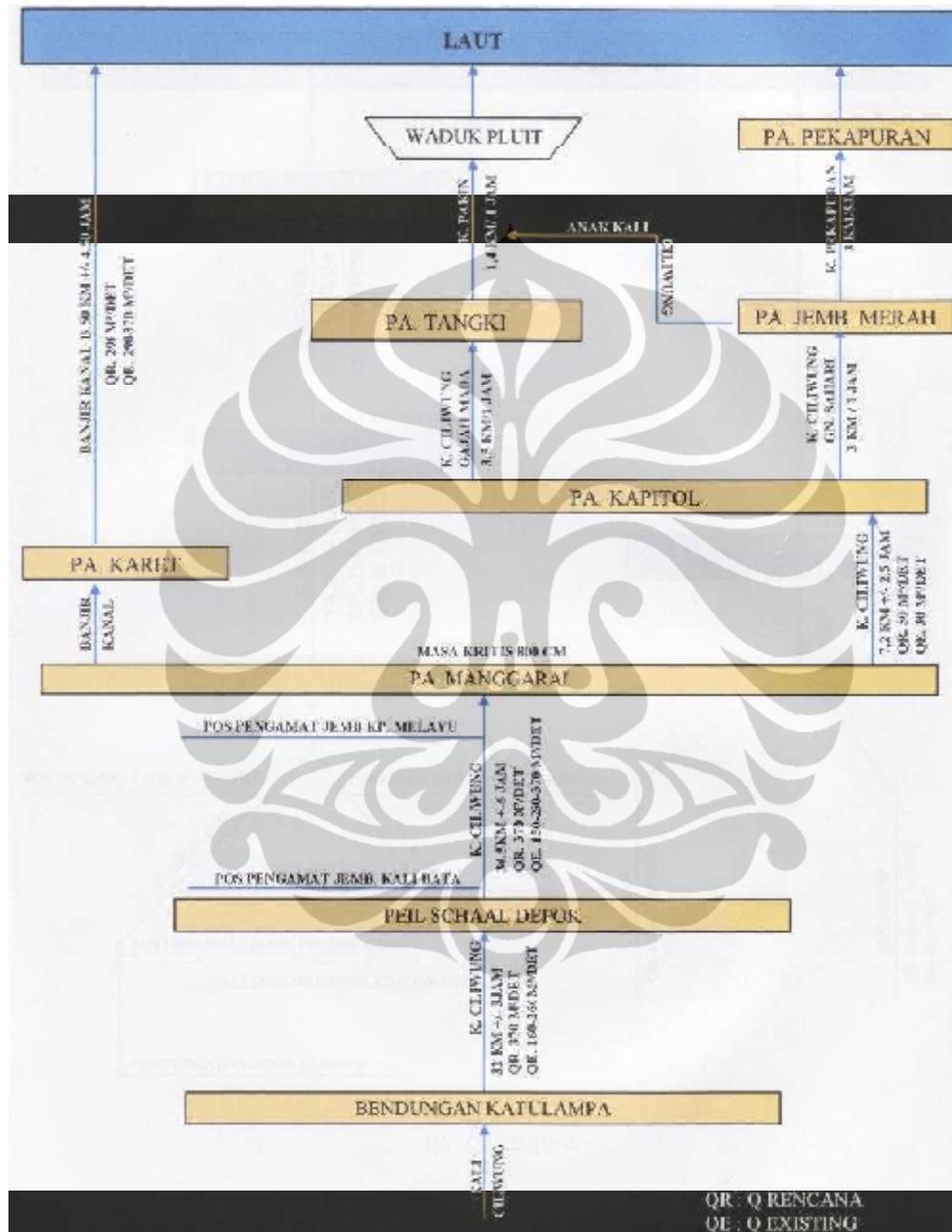
Untuk mengendalikan banjir, pemerintah DKI Jakarta membangun kanal-kanal di wilayah Jakarta bagian utara. Kanal pengendali banjir tersebut adalah Banjir Kanal Barat yang sudah beroperasi, dan Banjir Kanal Timur yang sedang dalam pembangunan. Sesuai namanya, Banjir Kanal Barat bermuara dari barat ke utara Jakarta, sedangkan Banjir Kanal Timur bermuara dari timur ke utara Jakarta. Dua kanal ini akan menampung dan mengalirkan debit air sungai dan hujan yang berasal dari wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya.

Ketika daerah yang cukup tinggi di Jakarta mengalami hujan, air hujan ini akan ditampung oleh saluran-saluran drainase kwarter. Kemudian secara bertahap dan berturut-turut air mengalir ke saluran-saluran drainase tersier, lalu ke saluran-saluran drainase sekunder, dan kemudian ke saluran drainase primer (*main drains*). Di sini, debit air dibuang ke salah satu dari dua banjir kanal tersebut, atau langsung mengalirkannya ke laut.

Sedangkan jika hujan yang jatuh di wilayah Jakarta yang memiliki topografi rendah, pembuangan air dilakukan dengan sistem polder, yaitu dengan waduk dan pompa. Setiap waduk memiliki sistem drainasenya sendiri-sendiri, yang terdiri dari saluran drainase primer, sistem saluran sekunder yang bermuara di saluran drainase primer, sistem saluran drainase tersier yang bermuara di sistem saluran drainase sekunder, dan sistem saluran drainase kwarter yang bermuara di sistem saluran drainase tersier. Sistem saluran drainase primer mengalirkan seluruh debit air dari daerah tangkapan waduk ke dalam waduk. Air yang tertampung di dalam waduk dibuang ke laut atau ke sungai-sungai yang terdekat dengan pompa air. Dalam operasinya, sistem polder ini juga dilengkapi dengan pintu-pintu air selain dengan pompa.

Perangkatnya sistem drainase dan pengendali banjir Jakarta tersebar di seluruh wilayah DKI Jakarta. Komponen utama dari sistem ini adalah instalasi pintu air, instalasi pompa air dan situ/danau. Instalasi pintu air berfungsi mengatur aliran sungai yang melewati wilayah Jakarta. Instalasi pompa air yang

berfungsi memindahkan deposit air yang berlebih pada satu wilayah ke saluran drainase utama. Sedangkan situ atau danau yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air.

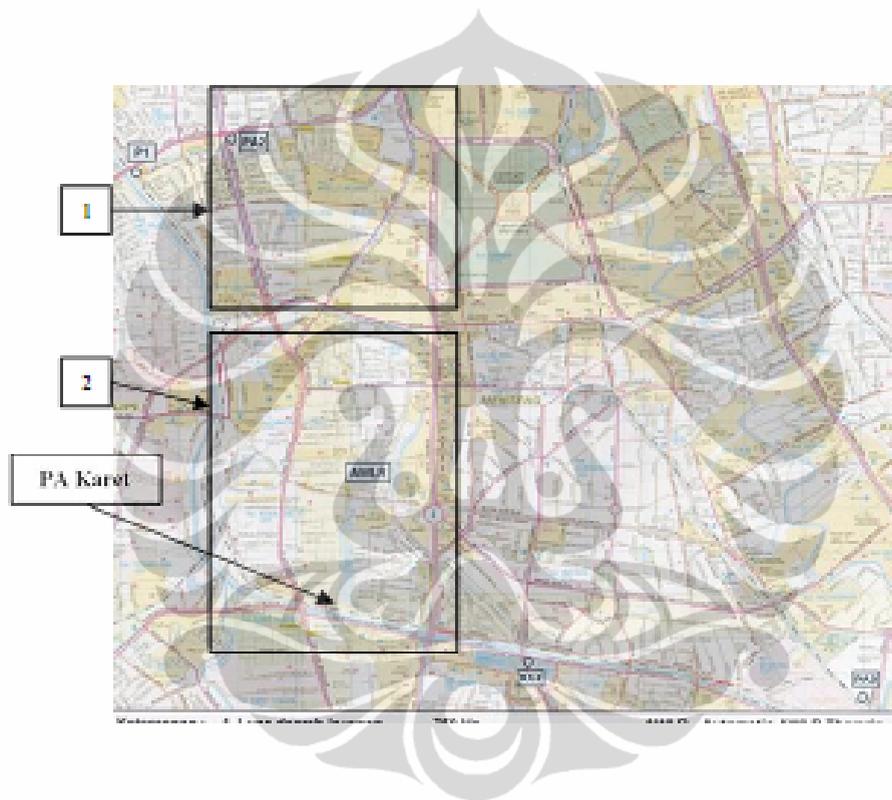


Gambar 9. Sistem pengendalian banjir di DAS Kali Ciliung [15]

Sistem pengendalian banjir di DAS Kali Ciliwung yang melintasi wilayah DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 9. Pada Kali Ciliwung, instalasi pengendalian banjir terdapat di Pos Pengukuran di Bendungan Katulampa, Pos Pengukuran Depok, Pintu Air Manggarai, Pintu Air Karet, Pintu Air Kapitol, Pintu Air Jembatan Merah, Pintu Air Pekapuran, Pintu Air Tangki, dan Pos Pengukuran Waduk Pluit.

Terlihat pada Gambar 9, titik awal pengendalian banjir pada DAS Kali Ciliwung yang melintasi DKI Jakarta dimulai di Bendungan Katulampa. Walaupun disebut sebagai bendungan, instalasi Bendungan Katulampa ini bukan berfungsi sebagai dam seperti Bendungan Cirata, Saguling dan sebagainya, tetapi fungsinya hanya sebagai *Peil Schaal* atau Pos Pengukuran ketinggian permukaan air sungai Ciliwung [15]. Pada titik ini, parameter Kali Ciliwung berupa debit (Q) mulai diamati, dengan kondisi yang ada sebesar $160 - 260 \text{ m}^3/\text{det}$ (QR), yang direncanakan akan diperbesar lagi menjadi $370 \text{ m}^3/\text{det}$ (QE). Sebelum mencapai Instalasi Pengendali Banjir di Pintu Air Manggarai, Kali Ciliwung terlebih dahulu melewati Pos Pengukuran kedua yang terletak di Depok. Di Pintu Air Manggarai, Kali Ciliwung dibagi menjadi dua aliran, dimana sebagian besar airnya dialirkan menuju Banjir Kanal Barat, sedangkan sisanya dialirkan menuju Kali Ciliwung yang selanjutnya di Pintu Air Kapitol di dekat Masjid Istiqlal. Kemudian di Pintu Air Kapitol dibagi lagi menjadi dua, yaitu melalui Kali Ciliwung yang melewati sepanjang Jalan Gunung Sahari, dan Kali Ciliwung yang melewati sepanjang Jalan Hayam Wuruk / Jalan Gajah Mada.

Aliran yang melalui Banjir Kanal Barat dikendalikan oleh instalasi Pintu Air Karet sebelum dialirkan langsung menuju laut. Aliran yang melalui Kali Ciliwung sepanjang Jalan Gunung Sahari di Pintu Air Jembatan Merah di Mangga Besar, sebagian dipecah melalui Anak Kali Ciliwung menuju Kali Ciliwung yang melalui Jalan Hayam Wuruk/Gajah Mada. Sisanya dialirkan menuju Pintu Air Pekapuran, Ancol sebelum menuju laut. Pertemuan Anak Kali Ciliwung dengan Kali Ciliwung yang melalui Jalan Hayam Wuruk/Gajah Mada dikendalikan oleh Pintu Air Tangki di daerah Jayakarta sebelum ditampung di Waduk Pluit dan dilepaskan ke laut[16].

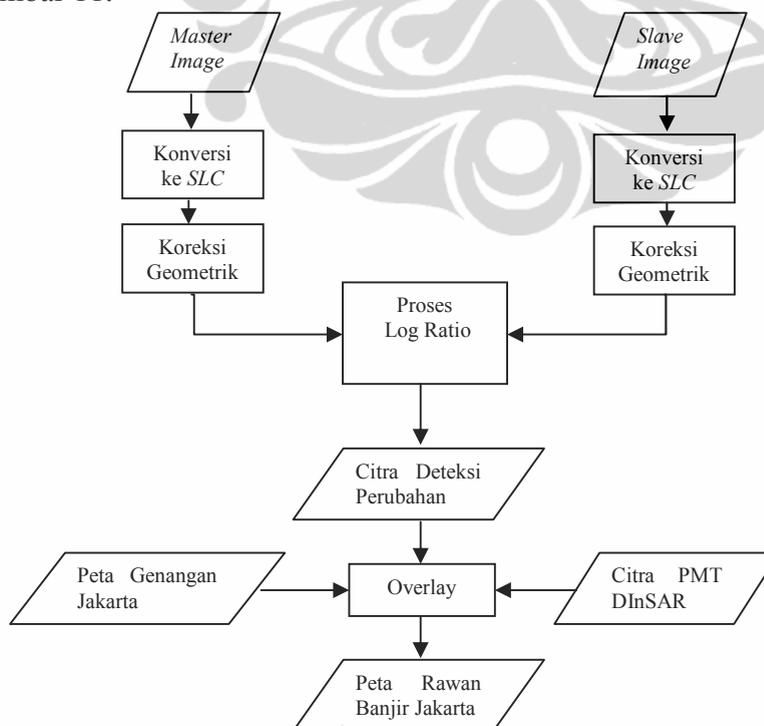


BAB 3

PERANCANGAN

Untuk melihat hubungan PMT dan banjir yang terjadi di wilayah Jakarta, serta membuat peta tingkat rawan banjir di wilayah Jakarta, metode yang dilakukan adalah dengan mengoverlay tiga citra. Citra pertama adalah citra hasil pengolahan DInSAR dari dua data PALSAR Level 1.0 wilayah yang sama dengan waktu akuisisi yang berbeda (2007 dan 2008). Intensitas piksel citra ini dalam RGB, dimana setiap pikselnya mengandung korelasi dengan nilai perubahan fasa. Nilai perubahan fasa ini kemudian dikonversi ke nilai perubahan ketinggian. Sehingga dari proses ini didapat nilai perubahan ketinggian tiap piksel.

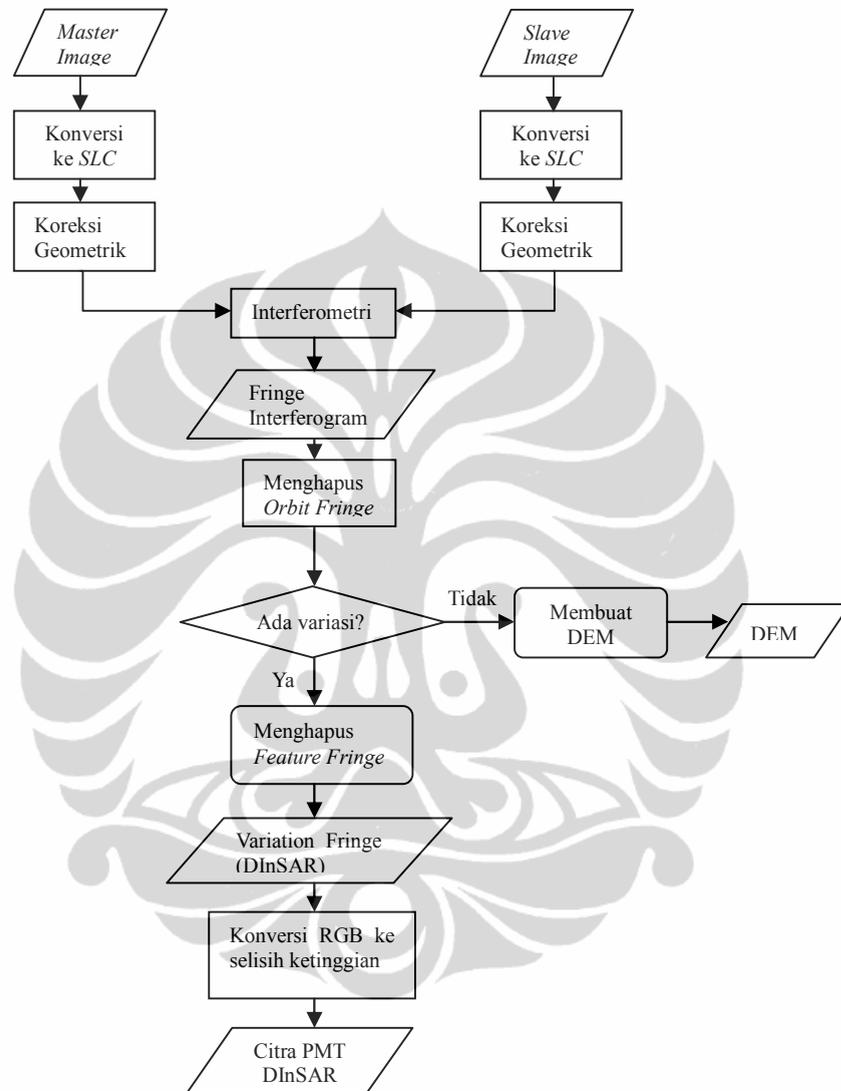
Citra yang kedua berasal dari pengolahan dua data tersebut dengan proses *Log Ratio*. Metode ini merupakan metode deteksi perubahan dengan melibatkan nilai-nilai statistik dari histogram citra. Hasilnya berupa citra *black and white* yang mengartikan adanya perubahan atau tidak. Sedangkan citra ketiga merupakan peta genangan Jakarta tahun 2008. Ketiga proses ini ditunjukkan oleh Gambar 11.



Gambar 11. Diagram alir pengolahan data ALOS/PALSAR untuk Peta Rawan Banjir Jakarta

3.1 PROSES DINSAR

Proses pembuatan Peta Rawan Banjir Jakarta yang dirancang diawali dengan pengolahan DInSAR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram alir pengolahan data ALOS/PALSAR untuk proses DInSAR

3.2 DETEKSI PERUBAHAN DENGAN METODE LOG RATIO

Metode merasiokan lebih meminimalisir kesalahan pada wilayah citra dengan intensitas tinggi, daripada metode selisih piksel per piksel yang mengurangi nilai intensitas kedua citra per pikselnya. Hal ini logis karena dengan merasiokan yang melibatkan nilai rata-rata dan variansi histogram akan melihat

satu piksel tidak secara tunggal, melainkan dengan memperhatikan piksel keseluruhan. Proses *Log Ratio* dimulai dengan menghitung *Log Ratio detector*, yaitu logaritma dari rasio intensitas rata-rata yang dikomputasi pada sebuah [13].

Jika ada dua citra SAR, $I_1 = \{ I_1(i, j), 1 \leq i \leq nbaris, 1 \leq j \leq nkolom \}$ dan $I_2 = \{ I_2(i, j), 1 \leq i \leq nbaris, 1 \leq j \leq nkolom \}$, maka *Log Ratio detector* didefinisikan sebagai berikut [13]:

$$I_{LR} = \left| \frac{\sum_{(k,l) \in V_{ij}} I_2(k, l)}{\sum_{(k,l) \in V_{ij}} I_1(k, l)} \right| \quad (4)$$

dimana V_{ij} adalah piksel-piksel tetangga dari piksel (i, j) dalam [4].

Untuk membedakan wilayah yang berubah (c) dari yang tidak berubah (u), dibutuhkan sebuah *threshold* kriteria seleksi. Asumsinya, hanya ada wilayah c dan u dalam citra rasio (hasil *Log Ratio*) yang menunjukkan dua kelas yang berlawanan. *Threshold* kesalahan minimum, yang juga disebut *threshold* kriteria seleksi Kittler-Illingworth (KI) [14], berasal dari asumsi bahwa objek dan *background* terdistribusi secara normal. Metode KI berdasarkan Bayesian *decision theory* dan membutuhkan model parametrik untuk menjelaskan distribusi statistik untuk wilayah yang berubah maupun yang tidak [13].

Jika masing-masing dari kedua komponen tersebut terdistribusi secara normal, fungsi kriteria dari metode KI adalah sebagai berikut:

$$J(T) = 1 + 2[P_1(T) \log \sigma_1(T) + P_2(T) \log \sigma_2(T)] - 2[P_1(T) \log P_1(T) + P_2(T) \log P_2(T)] \quad (5)$$

Parameter di atas dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_u(T) = \sum_{g=0}^T H(g)$$

$$\mu_u = \frac{1}{P_u(T)} \sum_{g=0}^T H(g) g$$

$$\sigma_u^2 = \frac{1}{P_u(T)} \sum_{g=0}^T [g - \mu_u(T)]^2 hH(g)$$

$$P_c(T) = \sum_{g=T+1}^{L-1} H(g)$$

$$\mu_c(T) = \frac{1}{P_c(T)} \sum_{g=T+1}^{L-1} H(g) g$$

$$\sigma_c^2 = \frac{1}{P_c(T)} \sum_{g=T+1}^{L-1} [g - \mu_c(T)]^2 H(g)$$

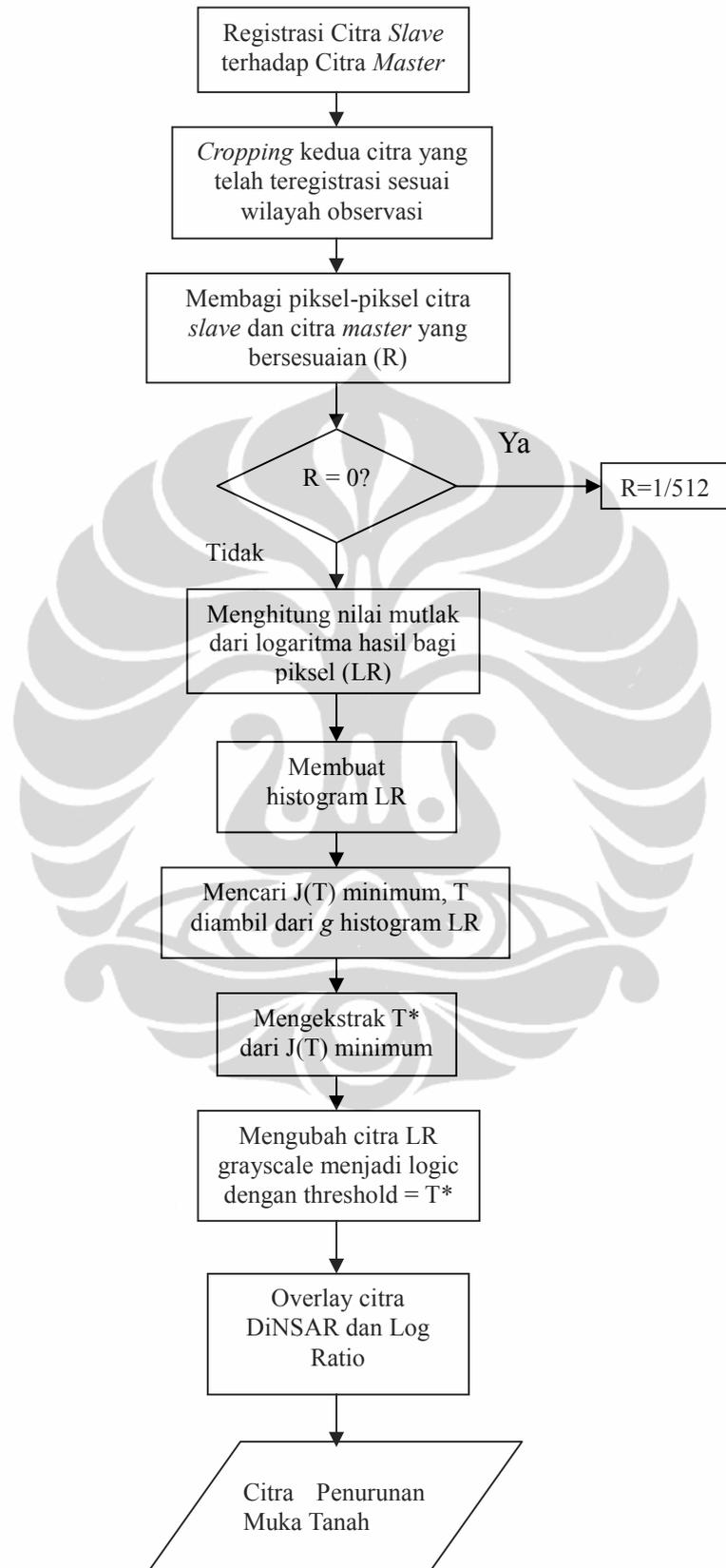
dimana $H(g)(g = 0, 1, \dots, L-1)$ adalah histogram dari citra *Log Ratio*. $\mu_i(T)(i = u, c)$ adalah nilai rata-rata dari kelas c (berubah) dan u (tidak berubah). $\sigma_i^2(T)(i = u, c)$ adalah variansi dari kedua kelas.

Threshold optimal yang meminimalisir kesalahan adalah yang diminimalisasi dengan fungsi kriteria sebagai berikut:

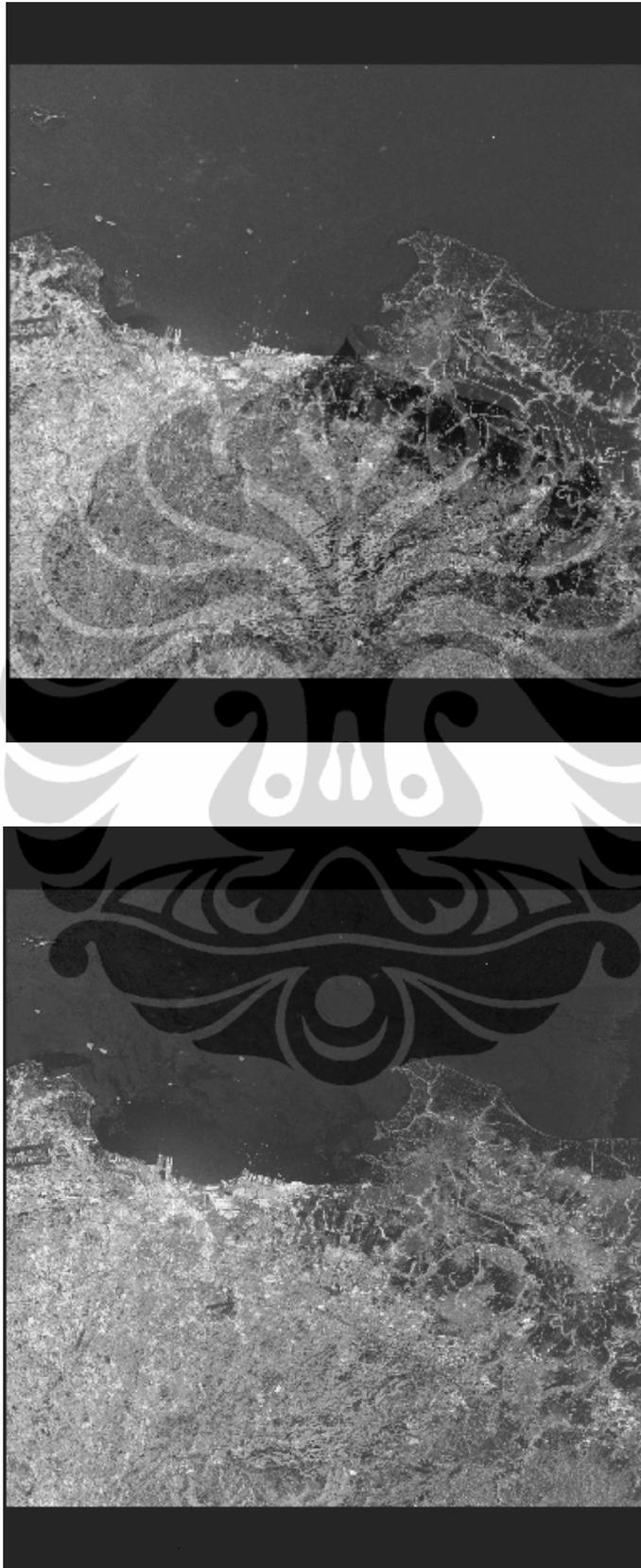
$$T = \arg \min_{0 \leq T \leq L} J(T) \quad (6)$$

Proses komputasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan grafis.

Algoritma deteksi perubahan dengan metode *Log Ratio* ini ditujukan untuk membantu proses analisa dengan melokalisir wilayah pengamatan perubahan ketinggian dari citra PALSAR. Metode ini dilakukan terhadap kedua citra PALSAR yang sudah direkonstruksi (dalam SLC). Proses keseluruhan *Log Ratio* ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram alir proses komputasi citra perubahan *Log Ratio*



Pada dasarnya, proses deteksi perubahan terdiri dari dua tahap, yaitu membuat citra perubahan dan membuat peta wilayah perubahan. Peta citra perubahan untuk data SAR, biasanya dilakukan dengan metode selisih (*differencing*), operasi pembagian biasa (*rationing*), atau dengan operasi logaritma dari rasio kedua citra (*Log Ratio*). Untuk citra SAR, metode *differencing* kurang tepat, adapun metode *Log Ratio* merupakan yang paling sesuai. Hal ini dikarenakan distribusi citra *Log Ratio* hanya bergantung pada perubahan relatif, dan karena itu ia lebih meminimalisir kesalahan kalibrasi daripada operator/metode lain. Adapun peta wilayah perubahan dihasilkan dari mengubah citra perubahan ke dalam dua kelas logika, yaitu berubah (c) dan tetap (u). Pengubahan ini berdasarkan kriteria *threshold* yang dihasilkan dari metode Kittler-Illingworth (KI) yang telah dijelaskan sebelumnya.

Citra perubahan hasil *Log Ratio* kemudian di-*overlay* dengan citra hasil DInSAR. Setiap piksel pada citra *Log Ratio* menunjukkan nilai mutlak dari hasil logaritma ratio citra kedua dengan citra pertama. Persebaran nilai piksel yang diperhitungkan untuk menjadi *threshold*.

Setelah menerapkan *threshold* T^* yang didapat kepada citra perubahan *Log Ratio*, maka dilakukan operasi logika berdasarkan T^* . Citra logika ini yang kemudian akan ditumpangkan (*overlay*) terhadap citra hasil DInSAR dan peta genangan Jakarta di atas peta dasar.

3.3 KEBUTUHAN DATA

Data masukan untuk proses yang dirancang adalah data PALSAR Level 1.0 yang terdiri dari dua waktu akuisisi (tahun 2007-2008) untuk cakupan wilayah Jakarta. Satu citra dijadikan *master image* dan satu citra pada tahun selanjutnya dijadikan *slave image* untuk dibuat differensial interferometri dari kedua waktu tersebut. Sedangkan untuk DEM, data referensi diambil dari data *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) di kawasan yang sama. DEM dari SRTM memiliki keakuratan pada resolusi sekitar 15-20 meter [9]. Selain itu, untuk tahap akhir yaitu *overlay*, dibutuhkan Peta Genangan Jakarta terbaru (sejak data pengamatan tahun terakhir) untuk menguatkan analisa wilayah rawan banjir di Jakarta.

Peta genangan Jakarta yang digunakan adalah Peta Ketinggian Genangan

Banjir di Propinsi DKI yang diperbarui oleh BNPB pada 16 Januari 2009, pukul 09.30 WIB. Peta ini sebagai pelaporan perkembangan bencana banjir pada waktu tersebut. Bencana ini melanda 8908 KK (kepala keluarga), 24317 jiwa, mengakibatkan 1588 orang harus mengungsi, dengan ketinggian banjir mencapai 5-250 cm. Dilihat dari waktu pengambilan datanya, peta ini telah cukup relevan dengan kebutuhan data genangan karena masih berdekatan dengan citra *master PALSAR* yang digunakan, yaitu tidak lebih dari dua bulan setelah November 2008.

Data bencana banjir yang terjadi pada 16 Januari 2009 tersebut terjadi di seluruh wilayah Kotamadya yang ada di DKI Jakarta. Jakarta Selatan merupakan Kotamadya yang memiliki jumlah daerah tergenang terbanyak seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pesebaran wilayah tergenang banjir Jakarta per 16 Januari 2009

Jakarta Utara			Jakarta Timur		
No.	Wilayah	Genangan (cm)	No.	Wilayah	Genangan (cm)
1	SEMPER BARAT	10-60	1	CAKUNG TIMUR	20-30
2	KAPUK MUARA	15-60	2	RAWA TERNATE	50-170
3	PLUIT	5-20	3	PULO GADUNG	20-80
4	PENJARINGAN	5-35	4	CIPINANG	10-135
5	KELAPA GADING	10-60	5	BIDARA CINA	30-80
6	TEGAL ALUR	70-80	6	CAWANG-CILILITAN	5-100
Jakarta Barat			Jakarta Selatan		
No.	Wilayah	Genangan (cm)	No.	Wilayah	Genangan (cm)
1	TEGAL ALUR	70-80	1	PENGADEGAN RAWAJATI	20-150
2	SEMANAN	30-50	2	PEJATEN TIMUR	50
3	RAWABUAYA	50-60	3	TANJUNG BARAT	30-40
Jakarta Pusat			4	PETOGOAN	20-30
No.	Wilayah	Genangan (cm)	5	CIPETE UTARA	15
1	MANGGA DUA	25	6	CIPULIR	70
2	GUNUNG SAHARI	25	7	KEBON BARU-BUKIT DURI	20-160
3	TANAH ABANG	30-120	8	KP. MELAYU	50-250
			9	PONDOK PINANG	40-70

3.4 PERANGKAT LUNAK

Perangkat lunak yang digunakan untuk proses awal adalah PALSAR Processor 2.6.3, PALSAR Fringe 4.5.1 dan PCG Unwrap 1.5.1. PALSAR Processor 2.6.3 digunakan untuk proses awal hingga dihasilkan interferometri. Kemudian *fringe* dihasilkan menggunakan PALSAR Fringe 4.5.1 dan *unwrapping* dilakukan menggunakan PCG Unwrap 1.5.1.

Proses registrasi citra *master* dan *slave*, *cropping* wilayah DKI Jakarta, proses *Log Ratio* dan juga citra irisan *Log Ratio* dengan DInSAR dilakukan dengan perangkat lunak pengolahan grafis. Selanjutnya untuk memudahkan analisa spasial berbagai data yang lain (peta aliran sungai dan batas Kotamadya), digunakan perangkat lunak *open source* Google Earth.

3.5 PROSES KONVERSI DATA PALSAR LEVEL 1.0 KE SLC

Untuk memproses interferometri SAR, sinyal asli SAR harus diolah menjadi data Single Look Complex (SLC). Proses ini disebut rekonstruksi citra SAR. Konversi amplitud dari SLC menghasilkan citra intensitas SAR. Dalam prosesnya, informasi fasa (angka kompleks) dibuang. Rekonstruksi citra SAR pada dasarnya adalah sebuah operasi linear yang menerapkan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mempersingkat proses pengolahan.

Pada proses ini dilakukan perbaikan parameter SAR, kompresi *range* SAR, *corner turn*, kompresi *azimuth* SAR hingga akhirnya dihasilkan data SLC dan citra intensitas dari konversi amplitud SLC.

3.6 PROSES DIFFERENSIAL INTERFEROMETRI

Proses ini diawali dengan menghapus informasi yang tidak diperlukan dalam menghasilkan DInSAR yaitu, *orbit fringe*. *Orbit fringe* akan terlihat seperti *noise* pada interferogram, maka dilakukan *filtering* dengan Goldstein Filter dan Sigma Filter. Goldstein filter merupakan metode yang populer untuk mengurangi

noise pada *fringe*, sedangkan Sigma filter untuk mempertahankan kontinuitas fasa.

Selanjutnya pada proses differensial interferometri, selain sepasang citra PALSAR juga dibutuhkan DEM referensi yang berasal dari SRTM untuk menghasilkan DEM berkualitas tinggi. *Land feature fringe* dihilangkan dengan melakukan *interferogram flattening*. Akhir dari proses differensial interferometri adalah dengan membuat *color composite*, sehingga warna yang berbeda memberikan arti adanya perubahan antara dua waktu observasi (*master* dan *slave image*).



BAB 4

HASIL DAN ANALISA

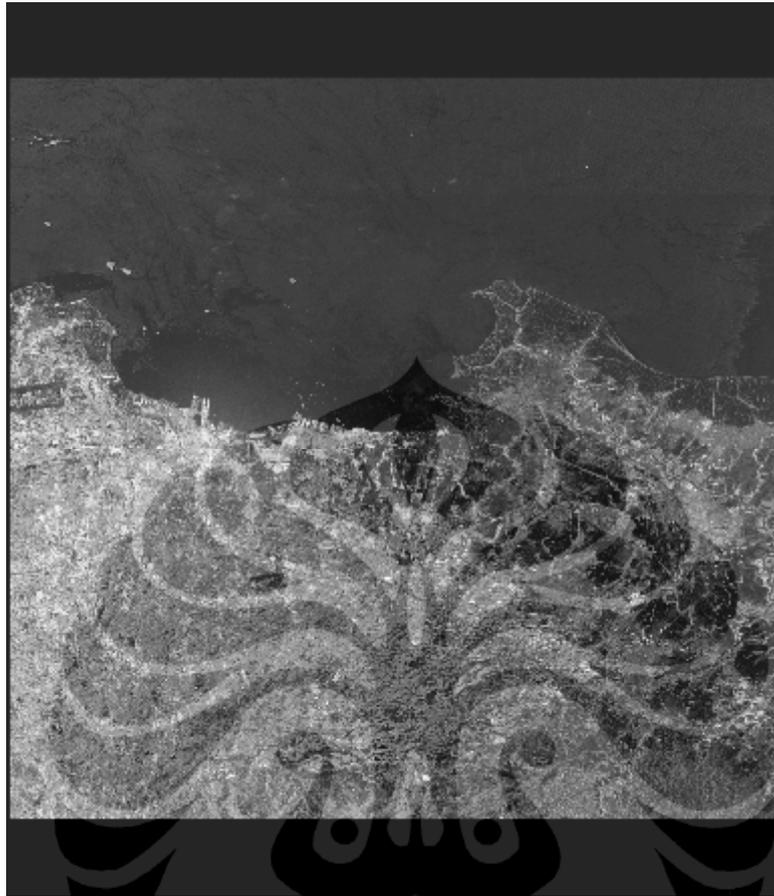
Pemrosesan data yang akan dilakukan akan mengaitkan hasil Differensial Interferometri (DInSAR), algoritma deteksi perubahan Log Ratio dan juga peta genangan Jakarta. Hal ini pada prinsipnya dilakukan untuk melihat fenomena penurunan muka tanah yang terjadi di wilayah Jakarta dan kaitannya secara spasial terhadap daerah genangan banjir wilayah Jakarta. Kemudian diharapkan dapat memetakan wilayah rawan banjir Jakarta.

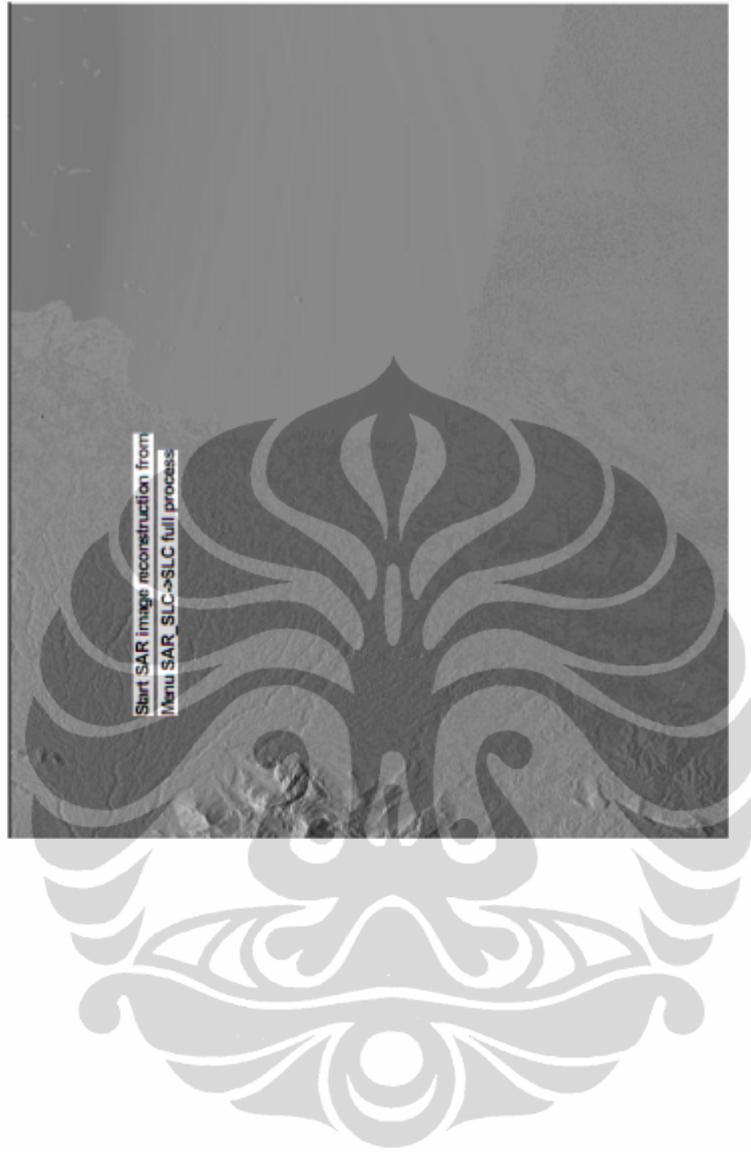
Untuk mengamati penurunan muka tanah pada wilayah kota Jakarta, dilakukan pemrosesan terhadap dua data ALOS/PALSAR level 1.0 dengan dua waktu akuisisi yang berbeda dengan wilayah cakupan yang sama. Namun pada kenyataannya, kecil kemungkinan untuk bisa mendapatkan cakupan wilayah yang persis sama di antara dua citra waktu akuisisi yang berbeda. Tetapi karena dua data yang akan diproses minimal mengandung cakupan objek yang akan diobservasi (dalam hal ini kota Jakarta), maka kriteria ini saja sudah cukup untuk diproses dengan pemotongan daerah pengamatan (*cropping*) terlebih dahulu.

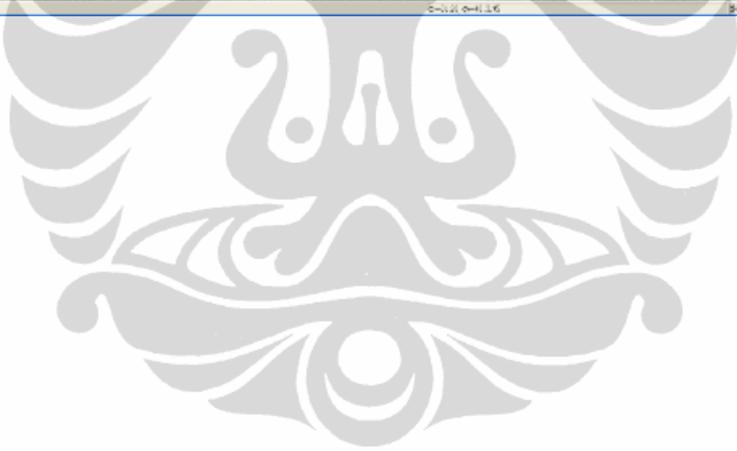
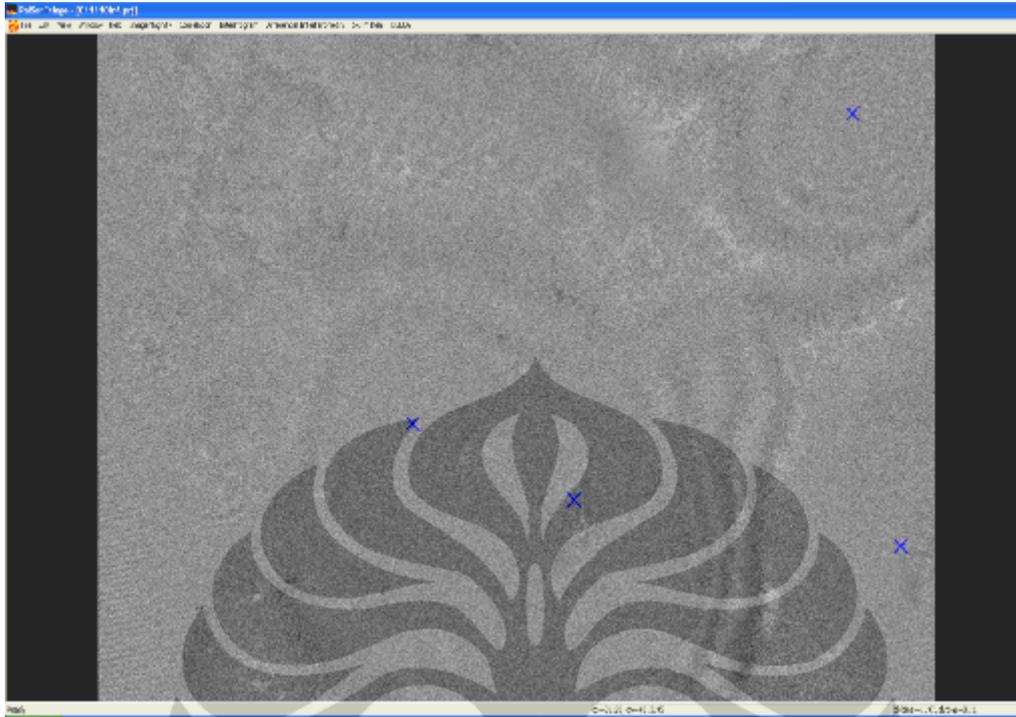
4.1 DINSAR

Rekonstruksi Data Mentah

Proses Differensial Interferometri (DInSAR) diawali dengan membuat interferometri setiap data. Proses ini diawali dengan merekonstruksi data PALSAR level 1.0 menjadi dalam bentuk *Single Look Complex* (SLC) ataupun bentuk amplitud. Pada dasarnya, data PALSAR level 1.0 hampir sama dengan hologram. Konversi amplitud dari data SLC menghasilkan citra intensitas. Karena data level 1.0 belum diproses dan hanya mengandung koefisien koreksi geometrik dan radiometrik tanpa diterapkan, maka proses konversi ke SLC berupa *corner turn*, yaitu proses korelasi linear menggunakan koefisien atau informasi tersebut. Selain itu juga dilakukan kompresi pada resolusi *range* dan *azimuth*.



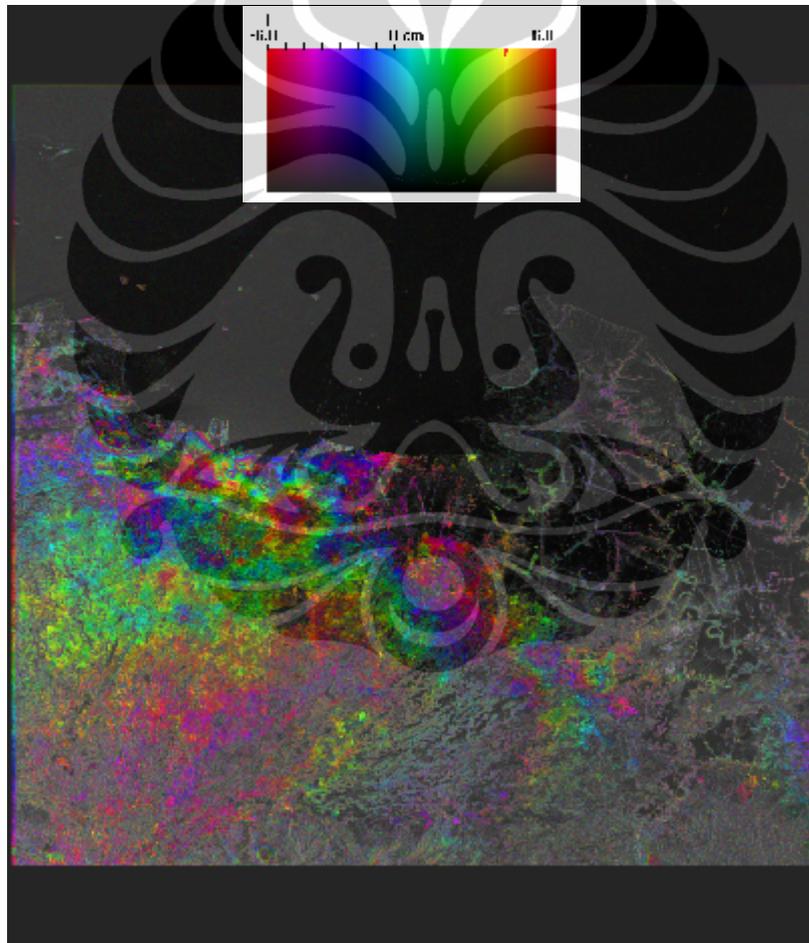




flattening, sebelum pada akhirnya citra selisih ketinggian diberi warna.

Color Composite

Langkah terakhir adalah melakukan *color composite* untuk memudahkan visualisasi mata terhadap perbedaan fasa. Dengan dasar penurunan rumus yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, informasi nilai piksel dan perbedaan fasa yang diwakilkan tersebut dikonversi menjadi perbedaan ketinggian. Hasil dari keseluruhan proses DInSAR ditunjukkan pada Gambar 19.

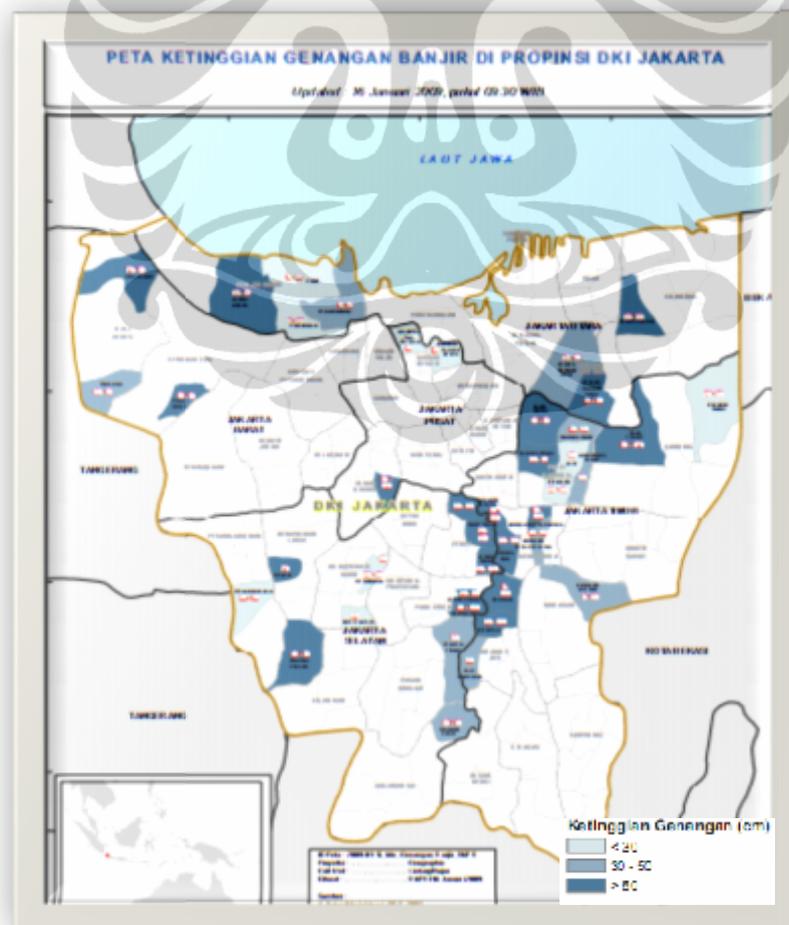


Gambar 19. Hasil DInSAR Jakarta dan sekitarnya dari data November 2008 dan Januari 2007

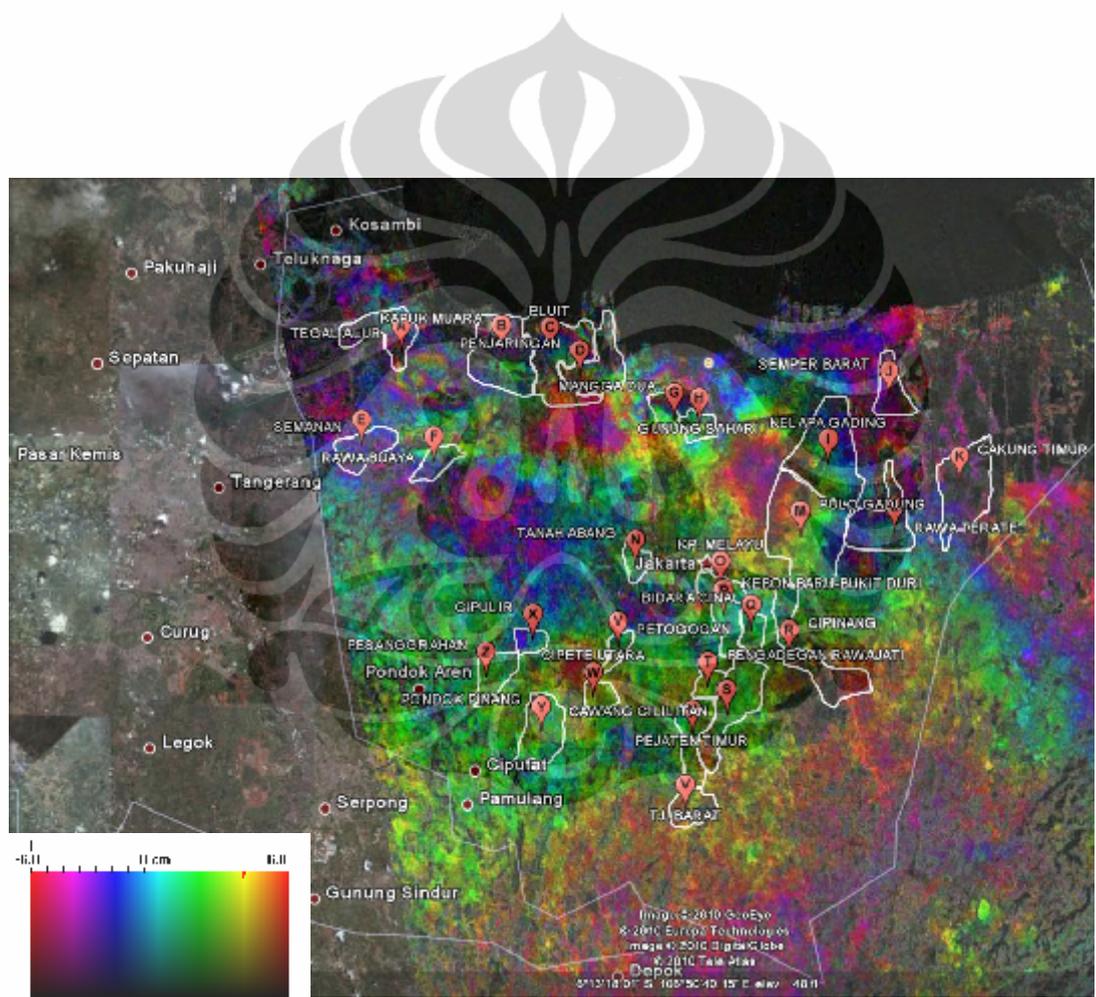
Warna-warna pada citra hasil DInSAR merepresentasikan nilai selisih ketinggian yang berbeda seperti yang ditunjukkan oleh legenda pada Gambar 15. Untuk satu siklus fasa, ia mewakili 2π (ϕ), dimana 2π (ϕ) mewakili setengah panjang gelombang. Seperti diketahui bahwa panjang gelombang PALSAR bertipe L-band yaitu 24 cm. Karena itu, satu siklus yang ada pada citra DInSAR bernilai 12 cm.

4.2 PETA GENANGAN JAKARTA

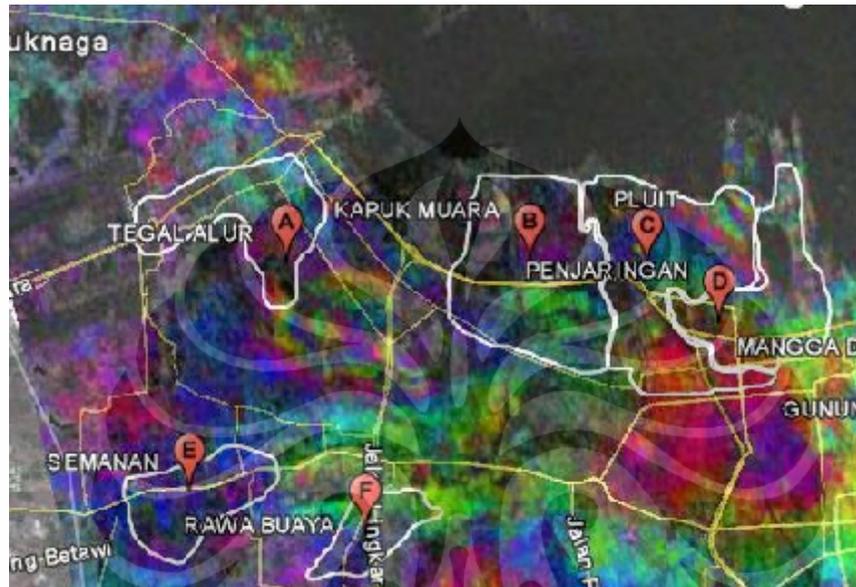
Peta ini (Gambar 20) digunakan untuk mencari irisan wilayah penurunan muka tanah dengan wilayah banjir, sehingga akan diperoleh hubungan penurunan muka tanah terhadap terjadinya banjir. Irisan ini dilakukan dengan *overlay* citra-citra yang diperlukan. Peta ini juga dilengkapi keterangan ketinggian genangan.



Gambar 20. Peta Genangan Banjir Januari 2009

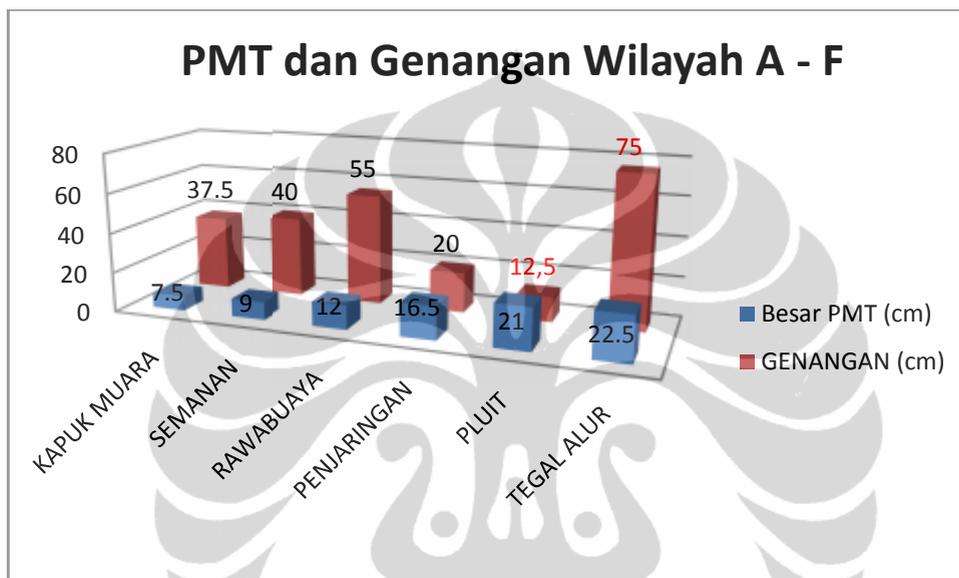


Pengolahan citra..., Mian Rizkinia, FT UI, 2010.



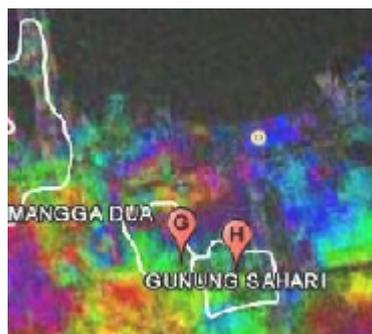
Label	Wilayah	Besar PMT (cm)	Genangan (cm)
A	TEGALALUR	22.5	70-80
B	KAPUK MUARA	7.5	15-60
C	PLUIT	21	5-20
D	PENJARANGAN	16.5	5-35
E	SEMANAN	9	30-50
F	RAWABUAYA	12	50-60

Dari nilai-nilai tersebut, maka dapat dilihat grafik PMT dan genangan untuk daerah yang berlabel A sampai dengan F, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23. Dengan pengecualian daerah Penjaringan dan Pluit karena kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dilihat bahwa semakin besar nilai PMT, maka genangannya cenderung semakin tinggi. Pengecualian atau nilai yang ekstrim ditandai dengan nilai genangan yang bercetak merah pada grafik.

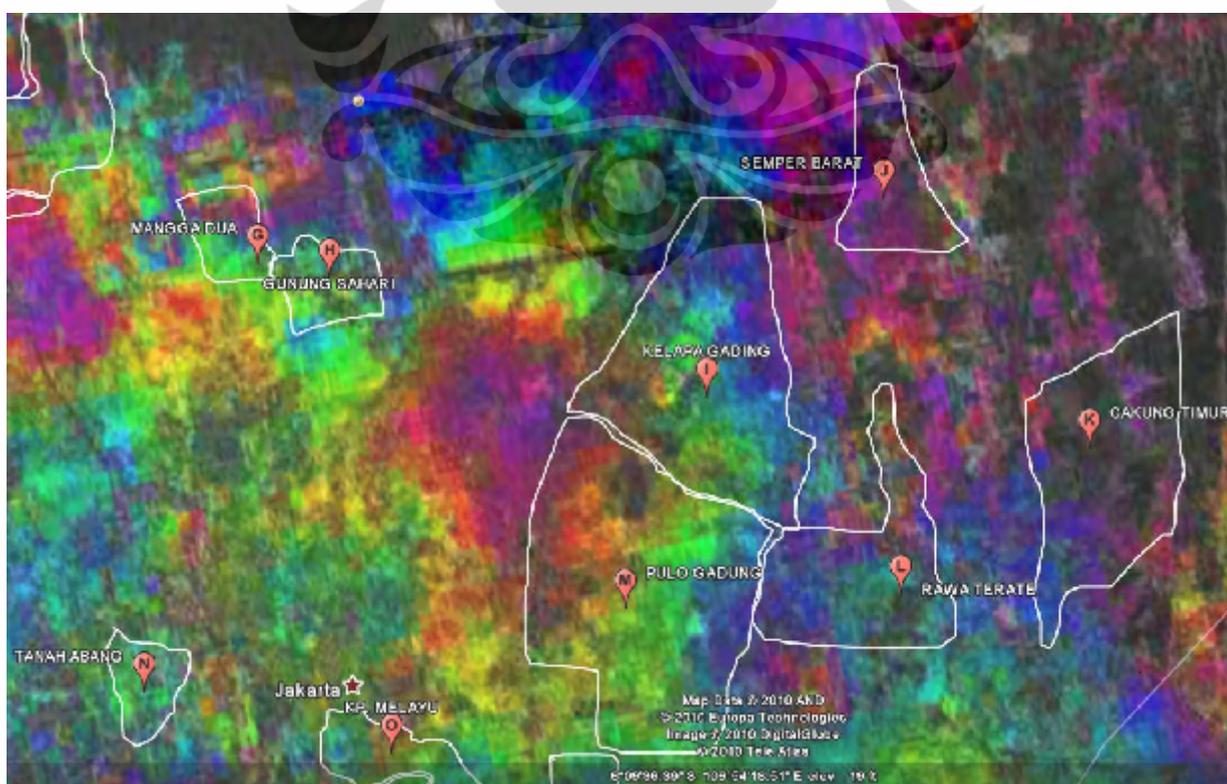


Gambar 23. Grafik PMT dan genangan wilayah A-F

Selanjutnya, di daerah Mangga Dua dan Gunung Sahari yang merupakan daerah perdagangan, mengalami penurunan muka tanah di atas angka rata-rata. Hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya dan besarnya beban bangunan yang berdiri di atasnya, mengingat daerah ini merupakan daerah perdagangan. Namun ketinggian genangannya cukup rendah (< 30 cm). Hal ini dapat disebabkan karena faktor pemecahan aliran sungai. Diketahui bahwa aliran Kali Ciliwung di sepanjang Jalan Gunung Sahari sebagian dipecah, yaitu menuju Kali Ciliwung yang melalui Jalan Hayam Wuruk/Gajah Mada dan sisanya menuju Pintu Air Pekapuran, Ancol sebelum menuju laut. Hal ini dilakukan di Pintu Air Jembatan Merah di Mangga Besar. Wilayah ini ditunjukkan pada Gambar 24, dengan keterangan pada Tabel 3.



Label	Wilayah	Besar PMT (cm)	Genangan (cm)
G	MANGGA DUA	15.75	25
H	GUNUNG SAHARI	12	25



Tabel 4. Besar PMT dan ketinggian genangan wilayah J-N

Label	Wilayah	Besar PMT (cm)	Genangan (cm)
I	KELAPA GADING	12	10-60
J	SEMPER BARAT	9	10-60
K	CAKUNG	12	20-30
L	RAWA TERNATE	10.5	50-170
M	PULO GADUNG	12	20-80
N	TANAH ABANG	7.5	30-120

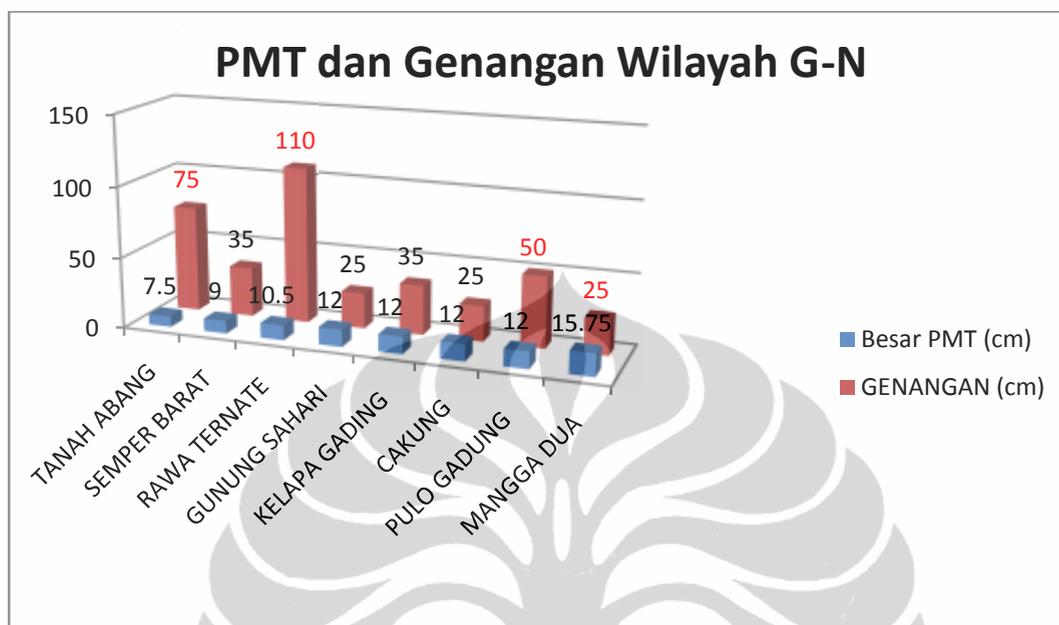
Sebagian besar daerah-daerah ini mengalami ketinggian banjir yang masih dalam ketinggian menengah. Hal ini sejalan dengan ketinggian PMT yang berada di sekitar nilai rata-rata. Nilai yang cukup ekstrim terjadi di daerah Rawa Ternate, Pulo Gadung dan Tanah Abang, dimana genangan yang dialami cukup tinggi. Daerah Rawa Ternate dan Pulo Gadung merupakan daerah industri di Jakarta. Hal ini merupakan salah satu faktor penyebab penurunan muka tanah terkait banyaknya dan besarnya bangunan permanen yang berdiri di atasnya. Perubahan lahan pada suatu daerah juga merupakan salah satu faktor penyebab banjir di Jakarta. Karena itu, padatnya industri di kedua daerah ini dianalisa sebagai penyebab banjir yang cukup tinggi menggenangi daerah ini. Karena itu pula, pemerintah sedang membangun proyek Banjir Kanal Timur untuk menjadi solusi banjir wilayah timur ke utara Jakarta.

Sedangkan fenomena daerah Tanah Abang yang tergenang tinggi namun PMT cukup rendah dianalisa karena kebijakan SDPU-DKI dalam melakukan pencegahan banjir di daerah vital di sekitar Merdeka Barat, yaitu dengan menahan sebanyak mungkin limpahan air Banjir Kanal di Pintu Air Karet. Sehingga banjir terjadi di Jati Pinggir-Tanah Abang dan Kebon Kacang [16].

Pada daerah padat industri dan gedung-gedung pemerintahan, penurunan muka tanah dianalisa terjadi karena beban bangunan (Quaxiang, 2001), selain karena faktor lapisan sedimen yang ada di bawah Jakarta. Beban bangunan merupakan beban yang menekan tanah dalam kuantitas yang besar dan lebih permanen.

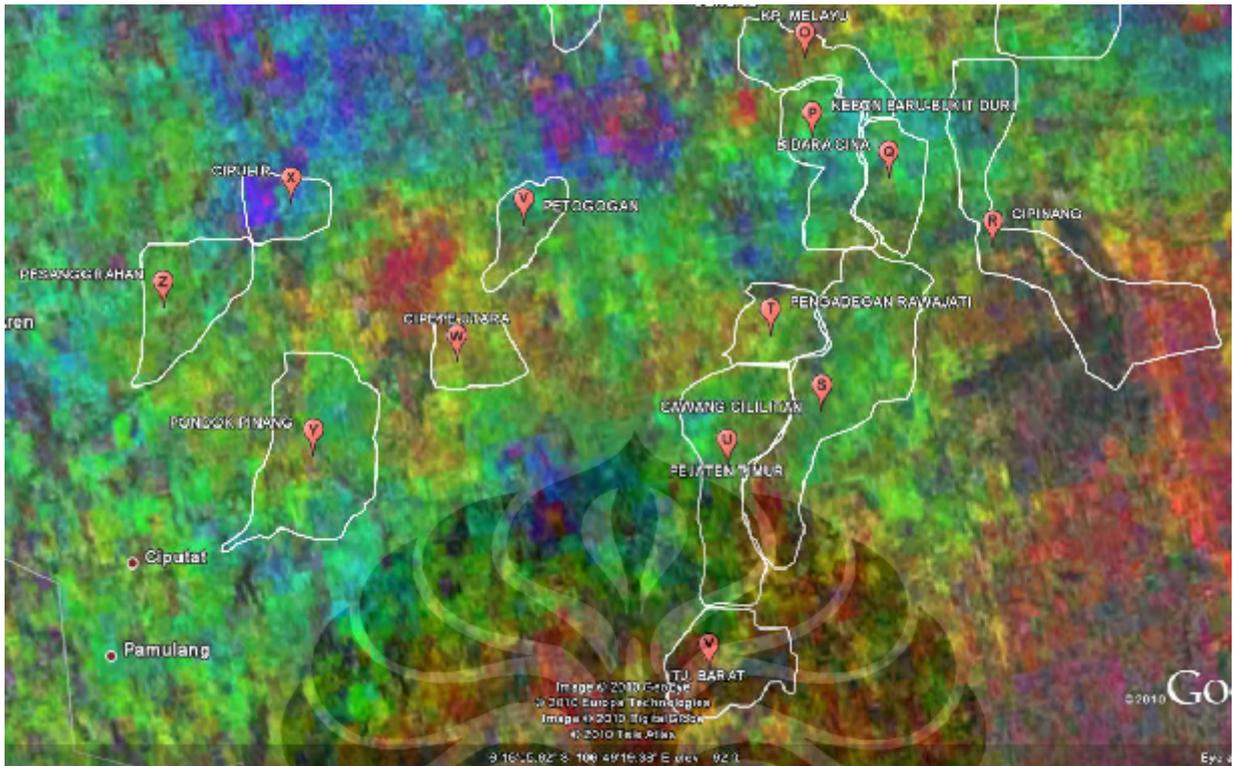
Adapun hubungan antara PMT dan genangan di wilayah G sampai dengan N dapat dilihat pada Gambar 26. Pada gambar ini, grafik yang dihasilkan oleh nilai-nilai PMT dan genangan beberapa wilayah menunjukkan hubungan yang

cenderung berbanding lurus. Pengecualian terjadi pada daerah yang terdapat kondisi khusus, yaitu Gunung Sahari, Mangga Dua, dan Tanah Abang.



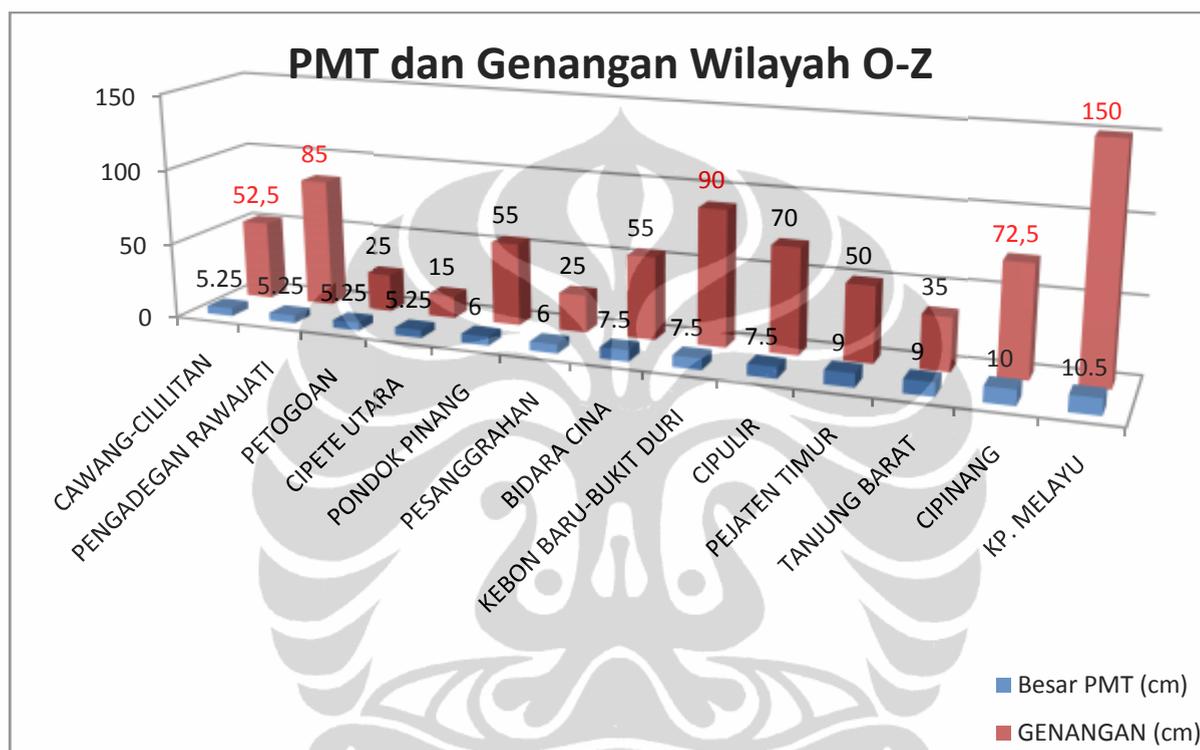
Gambar 26. Grafik PMT dan genangan wilayah G - N

Di daerah selatan Jakarta, penurunan muka tanah yang terjadi mayoritas di bawah angka PMT rata-rata. PMT paling besar terjadi di daerah Kampung Melayu (10,5 cm) dan Cipinang (10 cm). Namun, kedua daerah ini mengalami genangan banjir yang paling tinggi, selain daerah Kebon Baru dan Bukit Duri yang masih berada di sekitar Kali Ciliwung yang melalui Kampung Melayu. Tingginya genangan di daerah ini yang tidak sebanding dengan besarnya PMT, dapat dianalisa karena disebabkan oleh dilintasnya daerah ini oleh Kali Ciliwung yang baru dipecah dua di pintu air Manggarai. Sedangkan jika debit air tinggi, aliran akan melalui daerah ini terlebih dahulu dan dikendalikan di pintu air Manggarai. Buka-tutupnya pintu air Manggarai juga terkait dengan kebijakan mengamankan daerah pemerintahan dari genangan banjir. Karena itu, wilayah-wilayah ini sangat mungkin sekali mengalami genangan yang tinggi. Daerah ini ditunjukkan pada Gambar 27 dan diterangkan di Tabel 5.



Label	Wilayah	Besar PMT (cm)	Genangan (cm)
O	KP. MELAYU	10.5	50-250
P	BIDARA CINA	7.5	30-80
Q	KEBON BARU-BUKIT DURI	7.5	20-160
R	CIPINANG	10	10-135
S	CAWANG-CILILITAN	5.25	5-100
T	PENGADEGAN RAWAJATI	5.25	20-150
U	PEJATEN TIMUR	9	50
V1	TANJUNG BARAT	9	30-40
V2	PETOGOAN	5.25	20-30
W	CIPETE UTARA	5.25	15
X	CIPULIR	7.5	70
Y	PONDOK PINANG	6	40-70
Z	PESANGGRAHAN	6	20-30

beberapa wilayah menunjukkan nilai genangan yang ekstrim dibandingkan besar PMT-nya. Wilayah-wilayah yang dimaksud adalah wilayah yang dilewati Kali Ciliwung sebelum alirannya dipecah di pintu air Manggarai, yaitu Cawang-Cililitan, Pengadegan-Rawajati, Kebon Baru-Bukit Duri, Cipinang dan Kampung Melayu.



Gambar 28. Grafik PMT dan genangan wilayah O-Z

Dibandingkan dengan *ground survey* yang telah dilakukan pada [17] dengan GPS, terdapat tiga lokasi pengamatan yang sama dengan 27 lokasi ini. Tabel 6 menunjukkan perbedaannya. Nilai selisih pengukuran minimum adalah 0,03 cm dan maksimum adalah 0,55 cm. Perbedaan bisa terjadi karena panjang gelombang PALSAR dibulatkan menjadi 24 cm dari 23,5 cm pada perangkat lunak PALSAR Processor. Karena itu, pendeteksian nilai PMT menggunakan metode DInSAR terbilang cukup akurat.

Tabel 6. Perbandingan hasil DInSAR dengan pengukuran GPS (Januari 2007 - November 2008)

No	Lokasi	Penggunaan Lahan [17]	Wilayah	GPS (cm)[17]	DInSAR-PMT (cm)	Selisih
1	Mutiara	Pemukiman, pelabuhan, tempat rekreasi	D (Penjaringan)	16.47	16.5	0,03 cm (0,18%)
2	Glodok	Perdagangan	G (Mangga Dua)	16.3	15.75	0,55 cm (3,37%)
3	Cakung	Perindustriam	K (Cakung)	11.5	12	0,5 cm (4,35%)

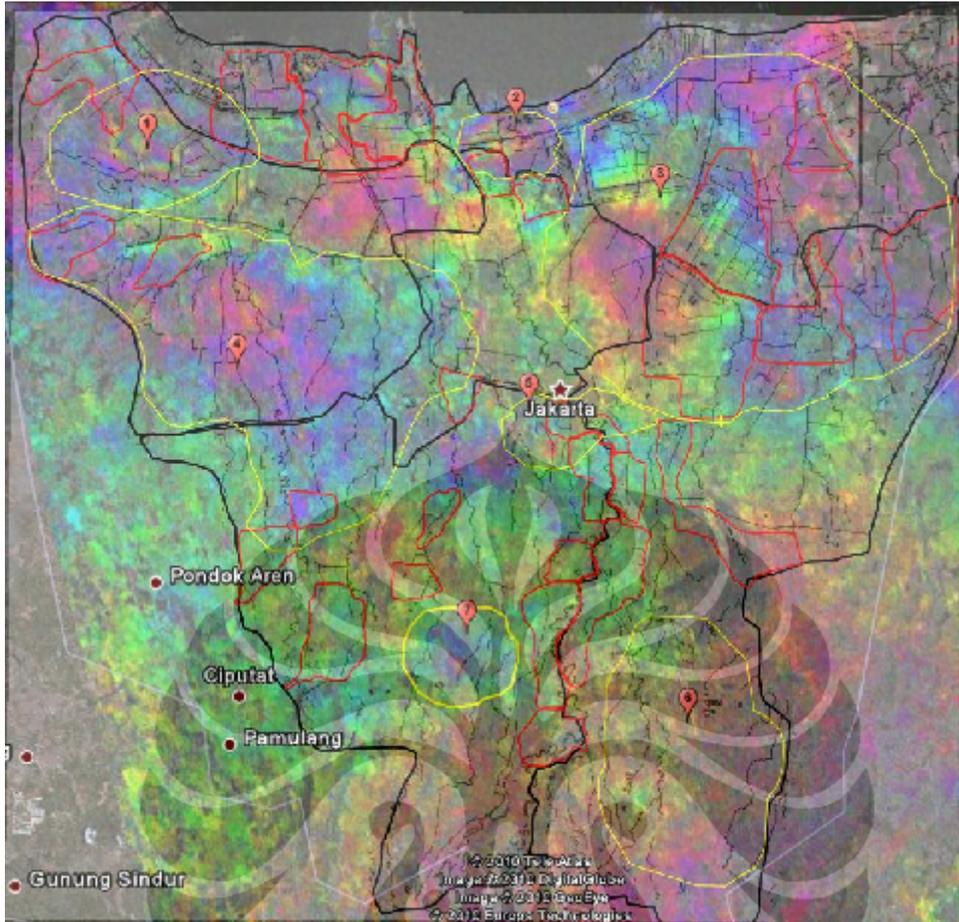
4.4 PREDIKSI DAERAH RAWAN BANJIR BERDASARKAN PMT

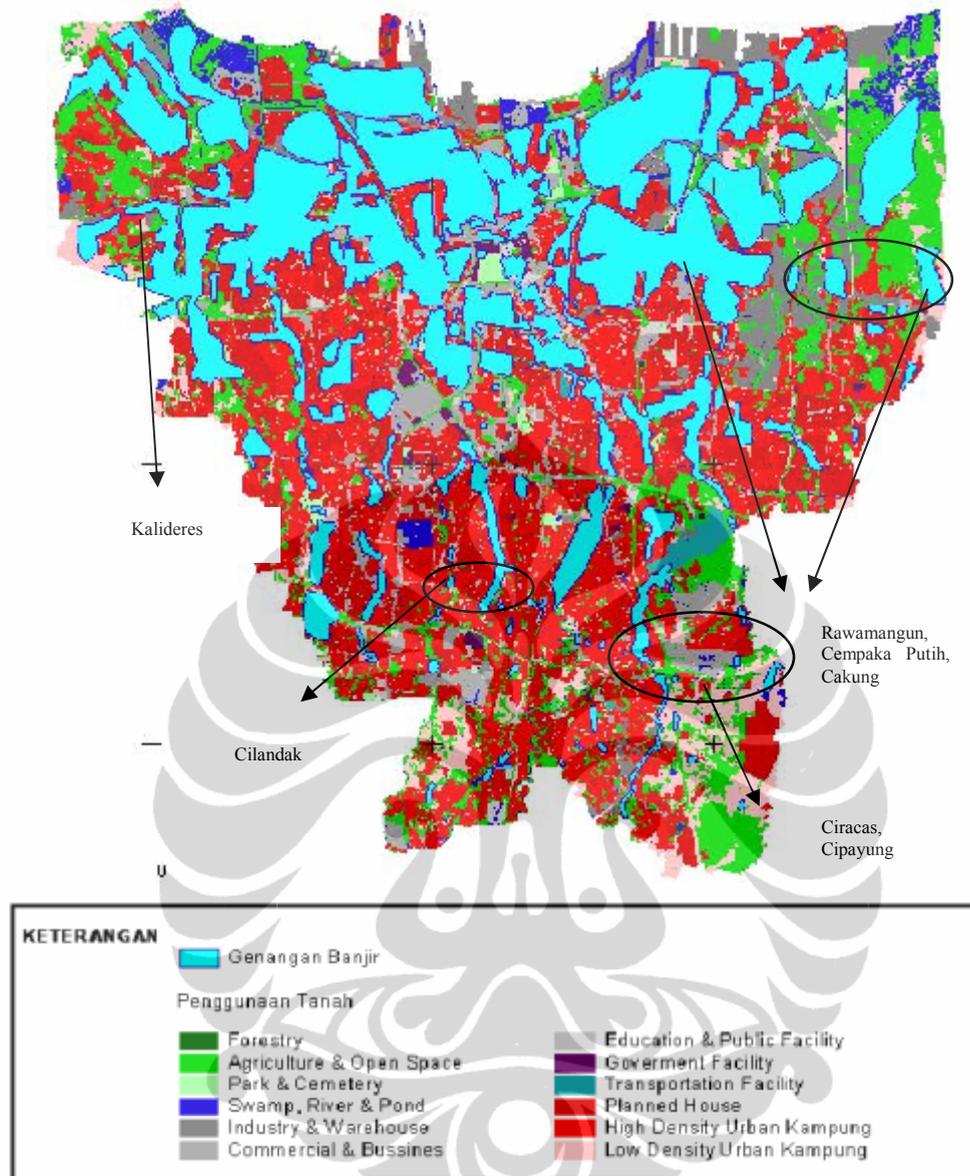
Berdasarkan analisa data DInSAR dan peta genangan, diketahui bahwa rata-rata ketinggian PMT yang terjadi banjir adalah sebesar 10,57 cm. Dengan kecenderungan tersebut, analisa daerah pengendalian banjir dan DAS, maka diekstraksi peta potensi banjir berdasarkan PMT seperti pada Gambar 29.

Pada gambar tersebut, daerah potensi banjir ditunjukkan dengan poligon berwarna merah dan kuning. Poligon merah menunjukkan daerah potensi banjir yang telah mengalami banjir pada Januari 2009. Sedangkan poligon kuning menunjukkan daerah dengan besar penurunan muka tanah di atas rata-rata. Poligon kuning juga dihasilkan dari analisa daerah aliran sungai dan pengendali banjir. Adapun penjelasan dari poligon kuning, terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Besar PMT pada daerah prediksi genangan banjir Jakarta

Label	Wilayah	Besar PMT (cm)
1	Pegadungan, Kalideres, Kapuk	15.75
2	Mangga dua, Ancol, Pademangan	12
3	Rawamangun, Cempaka Putih, Cakung	27
4	Kebon Jeruk, Kemanggisan, Rawa Buaya, Semanan	12
5	Manggarai, Bukit Duri, Karet, Menteng	12
6	Ciracas, Cipayung, Cijantung, Ps.Rebo	10.5
7	Cilandak	12





Gambar 30. Peta Proyeksi Banjir Jakarta Tahun 2007 (Dinas PU DKI Jakarta)

Dengan memantau besar penurunan muka tanah wilayah Jakarta menggunakan metode DInSAR dari tahun ke tahun, maka dapat diperkirakan kecenderungan besar penurunan muka tanah per tahun dan diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan perencanaan tata kota Jakarta ke depan.

BAB 5

KESIMPULAN

1. Banjir yang terjadi di Jakarta turut dipengaruhi oleh penurunan muka tanah wilayah yang dilanda banjir.
2. Besar penurunan muka tanah yang terjadi sejak Januari 2007 hingga November 2008 di daerah banjir Jakarta berkisar pada rata-rata 10,57 cm, dengan nilai minimum sebesar 5,25 cm dan maksimum sebesar 22,5 cm .
3. Wilayah yang mengalami penurunan muka tanah tertinggi antara lain daerah Tegal Alur, Pluit dan Penjaringan.
4. Wilayah yang tidak tergenang banjir Januari 2009 namun berpotensi banjir antara lain Cipayung, Ciracas, Kebon Jeruk, Cilandak dan Kalideres.
5. Wilayah dengan nilai PMT yang tinggi namun tidak terjadi banjir dianalisa karena kebijakan pengendalian banjir oleh pemerintah DKI Jakarta (waduk, pompa), pemecahan aliran sungai dan kedekatan wilayah dengan aliran sungai.
6. Metode DInSAR cukup baik diterapkan untuk mendeteksi besar penurunan muka tanah dengan selisih nilai pengukuran dengan GPS berkisar antara 0,03 cm (0,18%) hingga 0,55 cm (3,37%).
7. Dengan memantau besar penurunan muka tanah wilayah Jakarta menggunakan metode DInSAR dari tahun ke tahun, maka dapat diperkirakan kecenderungan besar penurunan muka tanah per tahun dan diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan perencanaan tata kota Jakarta ke depan.

DAFTAR ACUAN

- [1] Chamundeeswari VV, Singh D, Singh K, and Werner Wiesbeck, “a Critical Analysis to Generate Change Detection Map Using SAR Interferometry for Land Subsidence Monitoring of New Orleans City of USA”, IGARSS 2008.
- [2] Tazio Strozzi, *Senior Member, IEEE*, Urs Wegmüller, *Senior Member, IEEE*, Charles L. Werner, *Member, IEEE*, Andreas Wiesmann, *Member, IEEE*, and Volker Spreckels, “JERS SAR Interferometry for Land Subsidence Monitoring”, IEEE Conference 2003.
- [3] Ashar Muda Lubis, Toshinori Sato, Isezaki Nobuhiro, Nobuhiro Tomiyama and Tsutomu Yamanokuchi, “Monitoring land subsidence in Semarang City Indonesia using Multiple Acquisition Radar Interferometry (MARI)”, Remote Sensing Technology Center of Japan, 2009.
- [4] O. Mora, J. J. Mallorquí, J. Duro, “Generation of deformation maps at low resolution using differential interferometric SAR data”, IEEE Conference 2002.
- [5] Shoji Takeuchi and Shinji Yamada , “Comparison of InSAR Capability for Land Subsidence Detection between C-band and L-band SAR“, IEEE Conference 2002.
- [6] Earth Observation Research and Application Center Japan Aerospace Exploration Agency, “ALOS Data Users Handbook”, Revision C, March 2008.
- [7] Yan Wang, Daqing Ge, Qiong Hu, Xiaofang Guo. “Surface Subsidence Monitoring with Coherent Point Target Sar Ineterferometry”, IEEE Conference 2008.
- [8] R. Lanari, *Senior Member, IEEE*, E. Sansosti, *Senior Member, IEEE*, “ERS Differential SAR Interferometry: a Powerful Tool for Surface Deformation Analysis”, J.IEEE, 2008.
- [9] Junghum YU, Linlin Ge, Sungheuk Jung, Jeakee, Lee, ”Accuracy Comparison of Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar using LiDAR Digital Elevation Model”, 2009.

- [10] Makoto Ono, "SAR Image Characteristic", Remote Sensing Technology Center of Japan, ALOS Basic training course 2009.
- [11] Indra Riyanto, Dodi Sudiana, "Pemetaan Daerah Potensi Banjir dengan Segmentasi Data Digital Elevation Model. Studi Kasus: Das Ciliwung di DKI Jakarta 2007", Optics and Remote Sensing Research Group, 2009.
- [12] Fugui Wang, Y. Jun Xu, "Comparison of Remote Sensing Change Detection Techniques for Assessing Hurricane Damage to Forests", Springer Science + Business Media B.V. 2009.
- [13] Fan Wu, Chao Wang, Hong Zhang, Bo Zhang, "Change Detection and Analysis with Radarsat-1 SAR Image". IEEE Conference 2007.
- [14] Yakoub Bazi, *Student Member, IEEE*, Lorenzo Bruzzone, *Senior Member, IEEE*, and Farid Melgani, *Member, IEEE*, "An Unsupervised Approach Based on the Generalized Gaussian Model to Automatic Change Detection in Multitemporal SAR Images". J.IEEE 2005.
- [15] Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta, "Sistem Peringatan Dini Pengendalian Banjir Jakarta", 2007.
- [16] Riyanto, I., Sudiana, D., "Pemetaan Daerah Potensi Banjir dengan Segmentasi Data Digital Elevation Model. Studi kasus: DAS Ciliwung di DKI Jakarta 2007", Tesis, Universitas Indonesia, 2009.
- [17] Luhur Bayuaji and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, "Monitoring of Jakarta urban area subsidence by using ALOS/PALSAR DInSAR", Research Paper, Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Japan, 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- C. A. Glasbey, "An analysis of histogram-based thresholding algorithms," *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, vol. 55, pp. 532-537, 1993.
- P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding techniques," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 41, pp. 233-260, 1988.
- J. Kittler and J. Illingworth SERC, "Minimum Error Thresholding", Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0QX, U.K. (Received 15 August 1984; in final form 13 June 1985; received for publication 8 July 1985)
- Chains Cyril Carincotte, Stéphane Derrode, and Salah Bourennane, "Unsupervised Change Detection on SAR Images Using Fuzzy Hidden Markov", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, No. 2, February 2006.
- Hongtao Yu, Zhiping Lin, Geok Ling Chai, Chye Hwang Yan, Nalliah Raman, "A DCT-Based Change Detection Method for Multi-Temporal SAR Images", School of EEE, Nanyang Technological University, Singapore DSO National Laboratories, Singapore 2008, IEEE, IGARSS 2008.
- Luhur Bayuaji and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, "Monitoring of Jakarta urban area subsidence by using ALOS/PALSAR DInSAR", Research Paper, Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Japan, 2009.
- Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta, "Sistem Peringatan Dini Pengendalian Banjir Jakarta", 2007.
- Riyanto, I., Sudiana, D., "Pemetaan Daerah Potensi Banjir dengan Segmentasi Data Digital Elevation Model. Studi kasus: DAS Ciliwung di DKI Jakarta 2007", Tesis, Universitas Indonesia, 2009.