

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permukiman

Wilayah Kota maupun desa secara umum adalah tempat bermukimnya warga, tempat bekerja, tempat kegiatan dalam bidang ekonomi, pemerintahan dan lain-lain. Permukiman merupakan tempat yang sangat diperlukan oleh manusia sebagai tempat tinggal dan melakukan segala aktivitas hidupnya. Pertambahan jumlah penduduk mempengaruhi kebutuhan akan permukiman. Namun kenyataannya luas lahan tetap tidak berubah, sehingga nilai tanah menjadi mahal dan masyarakat tetap membangun walaupun sebenarnya lahan tersebut tidak layak untuk dibangun. Inventarisasi data yang akurat tentang identifikasi kelayakan suatu lahan untuk permukiman sangat diperlukan, namun pada kenyataannya data tersebut sulit diperoleh [6].

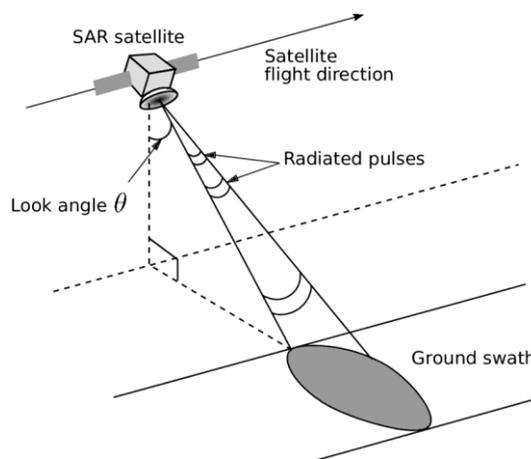
Permukiman merupakan sebuah sistem yang terdiri dari lima unsur, yaitu: alam, masyarakat, manusia, lingkungan dan jaringan. Bagian permukiman yang disebut wadah tersebut merupakan paduan tiga unsur: alam (tanah, air, udara), lingkungan (*shell*) dan jaringan (*networks*), sedangkan isinya adalah manusia dan masyarakat [7]. Alam merupakan unsur dasar dan di alam itulah diciptakan lingkungan (rumah, gedung dan lainnya) sebagai tempat manusia tinggal serta menjalankan fungsi lain.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan. Kawasan permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik berupa perkotaan maupun perdesaan, yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Kawasan permukiman didominasi oleh lingkungan hunian dengan fungsi utama sebagai tempat tinggal yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana

lingkungan, tempat bekerja yang memberi pelayanan dan kesempatan kerja terbatas yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Satuan lingkungan permukiman adalah kawasan perumahan dalam berbagai bentuk ukuran dengan penataan tanah dan ruang, prasarana dan sarana lingkungan terstruktur yang memungkinkan pelayanan dan pengelolaan yang optimal. Prasarana lingkungan permukiman adalah kelengkapan dasar fisik lingkungan yang memungkinkan lingkungan permukiman dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

2.2 Synthetic Aperture Radar (SAR)

Pengamatan dengan media satelit bersensor aktif atau dikenal dengan *Synthetic Aperture Radar (SAR)* menggunakan gelombang *microwave* yang memiliki panjang gelombang lebih panjang sehingga mampu menembus awan. Gelombang ini merupakan sistem penginderaan jauh yang menggunakan energi yang berasal dari sensor tersebut. SAR mampu melakukan pencitraan/akuisisi data pada saat malam hari dengan menggunakan sistem aktif. Sistem ini akan menghasilkan gelombang yang akan dipancarkan secara terus menerus. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.1 tentang konsep sistem pencitraan satelit SAR.



Gambar 2. 1 Sistem pencitraan satelit SAR

Citra dengan sistem penginderaan jauh sensor aktif diantaranya adalah ALOS PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), ERS (*Earth Resource Satellite*), dan citra RADAR SAT (*Radio Detection And Ranging Satelit*). Untuk tujuan karakterisasi dan kalibrasi sensor,

produk SM SLC menawarkan yang terbaik ketepatan instrumen yang tersedia. Resolusi spasial tertinggi biasanya $\sim 2,5 \times 4$ m dalam kemiringan jangkauan dan azimuth, dan produk SLC berisi amplitudo gema dan informasi fase yang direkam setelah fokus. Semua produk S-1 lain yang diuji di sini tidak diselesaikan dengan baik secara spasial, atau telah terdeteksi dan terlihat banyak. Untuk alasan ini, produk SM SLC sangat penting selama penentuan bias kisaran yang selanjutnya digunakan oleh prosesor SAR operasional. Namun, karena IW adalah mode operasi utama di daratan, perhatian khusus diberikan produk IW SLC dalam penelitian ini. Resolusi spasial mereka biasanya di urutan $\sim 3 \times 20$ m ini jarak miring dan azimuth. [12].

2.2.1 Sentinel-1A dan 1B

Sentinel-1A adalah satelit pencitraan radar Eropa yang diluncurkan pada tahun 2014. Ini adalah satelit Sentinel-1 pertama yang diluncurkan sebagai bagian dari program Copernicus Uni Eropa. Satelit ini membawa *Radar Aperture Sintetis* yang akan memberikan gambar dalam semua kondisi cahaya dan cuaca. Ini akan melacak banyak aspek lingkungan kita, mulai dari mendeteksi dan melacak tumpahan minyak dan memetakan es laut hingga memantau pergerakan permukaan tanah dan memetakan perubahan dalam cara penggunaan lahan [8].

Sentinel-1B adalah satelit pencitraan radar Eropa yang diluncurkan pada 25 April 2016. Ini adalah yang kedua dari dua satelit di konstelasi Sentinel-1, bagian dari program Copernicus Uni Eropa tentang pengamatan bumi. Satelit ini membawa sensor C - SAR, yang mampu memberikan citra resolusi tinggi terlepas dari kondisi cuaca. Konstelasi artinya sekelompok satelit buatan yang bekerja bersama sebagai suatu sistem. Tidak seperti satelit tunggal, sebuah rasi bintang dapat menyediakan cakupan global atau global yang permanen, sehingga setiap saat di manapun di Bumi setidaknya satu satelit dapat terlihat [9].

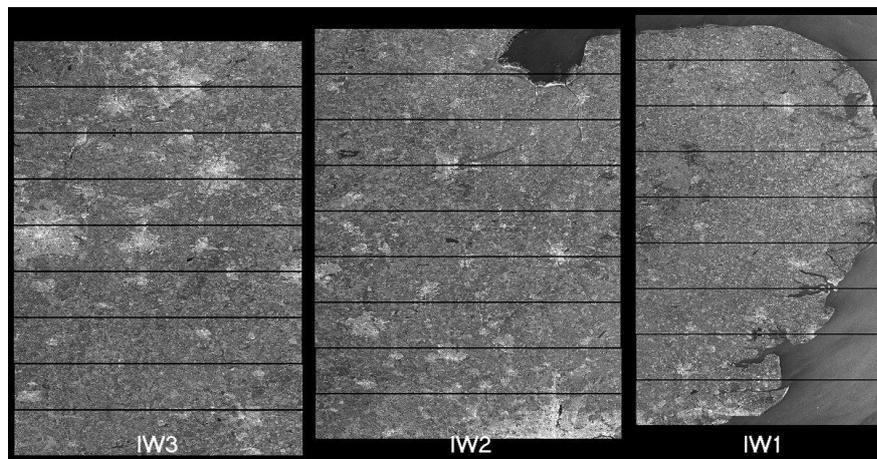
Satelit Sentinel-1 dengan sistem konstelasi memiliki kemampuan resolusi temporal tiap 6 hari sekali yang memungkinkan satelit melakukan

eksplorasi wilayah yang lebih banyak. Kedua satelit Sentinel-1 (Sentinel 1A dan 1B) mengorbit pada lintasan yang sama tetapi berbeda fase lintasan 180 derajat. Hasil rekam data satelit Sentinel-1 terdiri dari beberapa tingkat/level data yaitu data level-0, data level-1 dan data level-2. Data level-0 merupakan data mentah yang diterima dari satelit dan belum dapat digunakan oleh pengguna. Data level-1 adalah data hasil keluaran dari proses pengolahan data level-0 yang mana menjadi data utama yang sering digunakan oleh pengguna. Sementara itu, data level-2 adalah data kelanjutan dari turunan data level-1. Fokus utama data yang akan dianalisa dalam makalah ini adalah data level-1. Untuk satelit Sentinel-1, data level-1 terbagi menjadi 2 tipe data yaitu SLC dan GRD [4]. SLC adalah tipe data yang sudah dilakukan proses georeference dan ditampilkan dalam geometri *Slant-Range* (geometri koordinat natural observasi radar yang mana berada pada lintasan sumber radar terhadap objek). Sementara itu, GRD adalah tipe data yang sudah diproyeksikan terhadap model elipsoid bumi (Esa Sentinel Online, 2000-2019) [10]. Adapun misi utama kegunaan satelit Sentinel-1A/B adalah untuk melakukan kegiatan monitoring maritim, monitoring lahan dan kegunaan emergency lainnya. Dalam kebutuhan observasi kelautan, data Sentinel-1 berperan dalam pengukuran angin permukaan laut, arus permukaan laut, dan perubahan fisik kondisi kelautan. Dalam hal monitoring lahan, data Sentinel-1 dapat berkontribusi dalam pemetaan banjir, klasifikasi penggunaan lahan (misal: daerah bersalju dan daerah kehutanan), pengukuran kelembaban permukaan tanah, dan juga untuk pemetaan topografi lahan seperti permukiman kumuh [11].

2.2.2 Interferometric Wide Swath (IW)

Interferometric Wide Swath (IW) adalah mode akuisisi utama di darat dan memenuhi sebagian besar persyaratan layanan. Ia memperoleh data dengan petak 250 km pada resolusi spasial 5 m kali 20 m (tampilan tunggal). Mode IW menangkap tiga sub-petak menggunakan *Terrain Observation with Progressive Scans SAR (TOPSAR)*. Dengan teknik TOPSAR, selain mengarahkan berkas dalam jangkauan seperti pada ScanSAR, berkas juga secara elektronik diarahkan dari belakang ke depan dalam arah azimuth untuk

setiap ledakan, menghindari *scalloping* dan menghasilkan kualitas gambar yang homogen di seluruh petak [4]. Mode TOPSAR menggantikan mode ScanSAR konvensional, yang mencapai cakupan dan resolusi yang sama seperti ScanSAR, tetapi dengan Rasio Sinyal-ke-Suara yang hampir seragam dan Rasio Ambiguitas Target Terdistribusi. Resolusi azimuth berkurang dibandingkan dengan SM karena waktu iluminasi target yang lebih pendek. Dengan menggunakan pola azimuth sapuan, setiap target terlihat di bawah pola antenna yang sama, terlepas dari posisi azimuthnya dalam gambar *burst*. Dengan mengecilkan pola antenna azimuth, seperti yang terlihat oleh target di tanah, efek *scalloping* pada citra dapat dikurangi. Semburan disinkronkan dari satu jalur ke jalur lainnya untuk memastikan keselarasan pasangan interferometri. Produk IW SLC berisi satu gambar per sub-petak dan satu gambar per saluran polarisasi, dengan total tiga (polarisasi tunggal) atau enam (polarisasi ganda) dalam produk IW. Pada Gambar 2.2 akan ditunjukkan produk IW per saluran polarisasi.



Gambar 2. 2 *Interferometric Wide Swath (IW)*Tipe SLC

Setiap gambar sub-petak terdiri dari serangkaian semburan, di mana setiap semburan telah diproses sebagai gambar SLC terpisah. Gambar berurutan kompleks yang difokuskan secara individual disertakan, dalam urutan azimuth-time, ke dalam gambar sub-petak tunggal dengan demarkasi isi hitam di antaranya. Ada cukup banyak tumpang tindih antara semburan yang berdekatan dan antara sub-petak untuk memastikan cakupan tanah yang berkelanjutan seperti yang disediakan dalam produk GRD. Gambar untuk

semua semburan di semua sub-petak disampel ulang ke kisi jarak piksel umum dalam jangkauan dan azimuth sambil mempertahankan informasi fase [13].

Tabel 2.1 di bawah ini menunjukkan karakteristik utama dari mode Interferometric Wide swath.

Tabel 2. 1 Karakteristik mode Interferometric Wide swath

Karakteristik	Nilai
<i>Swath width</i>	250 km
<i>Incidence angle range</i>	29.1° - 46.0°
<i>Sub-swaths</i>	3
<i>Azimuth steering angle</i>	± 0.6°
<i>Polarisation options</i>	Dual HH+HV, VV+VH Single HH, VV
<i>Maximum Noise Equivalent Sigma Zero (NESZ)</i>	-22 dB

2.2.3 Single Look Complex (SLC)

SLC adalah file biner murni (*floating-point kompleks*, 8byte per piksel) tanpa *byte header*. Jumlah baris dan sampel dimasukkan dalam file penjelasan masing-masing sebagai *slc_amp.set_rows* dan *slc_amp.set_cols*. Ada file terpisah untuk setiap saluran polarisasi (HH, HV, VH, dan VV). Jarak piksel dalam meter diberikan dalam file anotasi oleh *slc_amp.row_mult* dan *slc_amp.col_mult* untuk masing-masing arah azimuth dan jangkauan. Proyeksi data berada dalam proyeksi kisaran miring alami. Koordinat geografis dari data ditentukan oleh "Posisi pasak dan tajuk", dan oleh *offset* lintasan dan sepanjang lintasan dari piksel kiri atas (diberikan oleh *set_plat*, *set_plon*, dan *set_phdg*, dan *slc_amp.row_addr* dan *slc_amp.col_addr* in file penjelasan). Urutan byte adalah little endian. Satuan datanya adalah amplitudo [14]. Untuk data SLC dengan mode akuisisi IW, 1 *scene* data SLC akan terdiri dari 3 sub-swath (IW 1, IW 2, IW 3) dimana tiap sub-swath nya akan tersusun dari beberapa lapisan burst yang akan di proses sebagai data yang terpisah antara satu dan lainnya

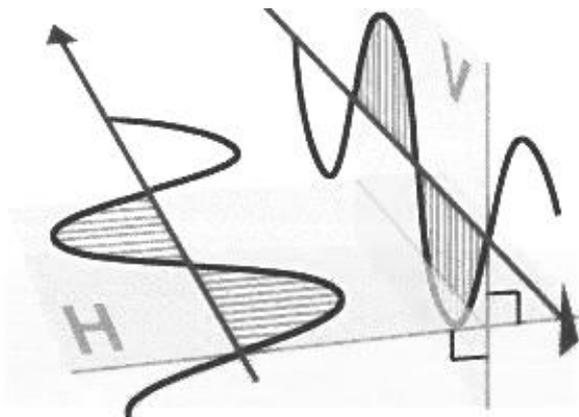
(Esa Sentinel Online, 2000-2019). Untuk dapat diproses sebagai satu kesatuan *scene* data, khusus untuk data SLC diperlukan proses *Deburst*, yaitu proses penggabungan lapisan burst menjadi satu kesatuan data utuh.

2.2.4 *Polarimetric synthetic-aperture radar (POLSAR)*

Polarimetric Synthetic Aperature Radar merupakan suatu metode dalam radar yang menggunakan prinsip salah satu metode analisis citra radar adalah polarimetry. Polarimetry adalah metode analisis citra radar dengan mengeksploitasi polarisasi citra. Polarisasi band dibagi menjadi Ada 2 jenis polarisasi, yaitu polarisasi Horizontal (H), dan polarisasi Vertikal (V)[15]. Pada sensor radar, polarisasi gelombang elektromagnetik ini diatur pada saat gelombang *microwave* dipancarkan sensor, dan pada saat gelombang *microwave* diterima kembali oleh sensor dari *backscatter* objek di permukaan bumi. Jadi pancaran dari sensor bisa polarisasi V, bisa polarisasi H. Demikian juga *backscatter* dari objek yang diterima sensor, bisa V bisa H. Sehingga akan ada 4 kemungkinan polarisasi citra radar, yaitu VV, VH, HH, HV.

- a) VV: pancaran dari sensor Vertikal, *backscatter* dari objek Vertikal
- b) VH: pancaran dari sensor Vertikal, *backscatter* dari objek Horizontal
- c) HH: pancaran dari sensor Horizontal, *backscatter* dari objek Horizontal
- d) HV: pancaran dari sensor Horizontal, *backscatter* dari objek Vertikal

Untuk ilustrasi jenis polarisasi yang dihasilkan dari gelombang yang dipancarkan dan yang diterima bisa dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2. 3 Jenis Polarisasi Band

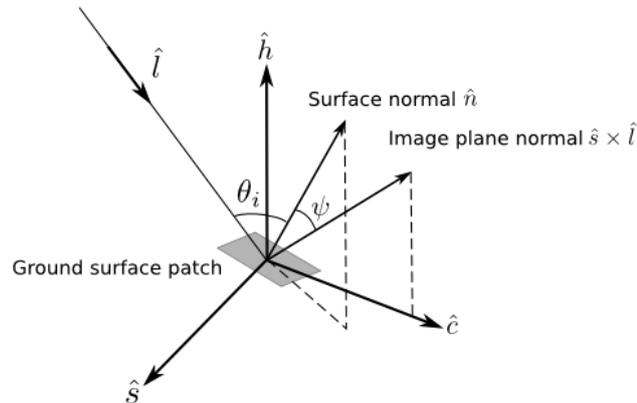
Polarisasi yang sama antara pancaran dan pantulan, yaitu HH untuk transmisi horizontal dan penerimaan horizontal, VV untuk transmisi vertikal dan

penerimaan vertikal, HV untuk transmisi horizontal dan penerimaan vertikal, dan VH - untuk transmisi vertikal dan penerimaan horizontal. Dua kombinasi polarisasi pertama ini disebut sebagai polarisasi-serupa (atau polarisasi-bersama), karena polarisasi pengirim dan penerima adalah sama. Dua kombinasi terakhir disebut sebagai polarisasi silang karena polarisasi pengirim dan penerima bersifat ortogonal satu sama lain

Tiap kanal mempunyai daya tembus yang berbeda tergantung pada panjang gelombang dan frekuensinya. Radar polarimetrik (Polar: polarisasi, Metry: ukuran) adalah ilmu memperoleh, pengolahan dan menganalisis keadaan polarisasi medan elektromagnetik. Radar polarimetrik berkaitan dengan pemanfaatan polarimetrik dalam aplikasi radar. Gelombang radar memiliki polarisasi. Bahan yang berbeda memantulkan gelombang radar dengan intensitas yang berbeda, tetapi bahan anisotropik seperti rumput seringkali mencerminkan polarisasi yang berbeda dengan intensitas yang berbeda. Beberapa bahan juga akan mengubah satu polarisasi menjadi polarisasi lainnya. Dengan memancarkan campuran polarisasi dan menggunakan antena penerima dengan polarisasi tertentu, beberapa gambar dapat dikumpulkan dari rangkaian pulsa yang sama. Perkembangan baru dalam polarimetri termasuk menggunakan perubahan dalam pengembalian polarisasi acak dari beberapa permukaan (seperti rumput atau pasir) dan antara dua gambar dari lokasi yang sama pada waktu yang berbeda untuk menentukan di mana perubahan yang tidak terlihat pada sistem optik terjadi [4].

Polarimetrik SAR adalah teknik yang digunakan untuk memperoleh informasi fisik kualitatif dan kuantitatif untuk aplikasi tanah, salju dan es, laut, dan perkotaan berdasarkan pengukuran dan eksplorasi sifat polarimetrik buatan manusia dan pencar alami. Klasifikasi medan dan penggunaan lahan adalah salah satu aplikasi terpenting dari *polarimetric synthetic-aperture radar* (POL SAR) [15]. Polarimetri SAR menggunakan matriks hamburan (S) untuk mengidentifikasi perilaku hamburan objek setelah interaksi dengan gelombang elektromagnetik. Matriks diwakili oleh kombinasi status polarisasi horizontal dan vertikal dari sinyal yang dikirim dan diterima.

Pada Gambar 2.4 dijelaskan konsep metode POLSAR yang digunakan untuk mengidentifikasi informasi kualitatif dan kuantitatif.



Gambar 2. 4 Metode Polarimetrik

Metode ini didasarkan pada mekanisme hamburan fisik sederhana (hamburan permukaan, hamburan pantulan ganda, dan hamburan volume). Keuntungan dari model hamburan ini adalah sederhana dan mudah diimplementasikan untuk pemrosesan gambar. Ada 2 pendekatan utama untuk dekomposisi matriks polarimetrik. Salah satunya adalah pendekatan matriks kovarian leksikografik berdasarkan parameter yang dapat diukur secara fisik, dan yang lainnya adalah dekomposisi Pauli yang merupakan matriks dekomposisi yang koheren. Ini mewakili semua informasi polarimetrik dalam satu gambar SAR. Informasi polarimetrik [S] dapat diwakili oleh kombinasi intensitas dalam gambar RGB tunggal di mana semua intensitas sebelumnya akan dikodekan sebagai saluran warna. Untuk analisis citra PolSAR, ada kasus dimana kondisi simetri refleksi tidak berlaku.

2.2.5 *Polarimetric Matrix Generation*

Semua alat polarimetrik bekerja dengan baik matriks Koherensi atau Kovarian sebagai masukan. Mulai dari produk SLC Quad Pol, Anda dapat menggunakan operator Generasi Matriks untuk mengubah produk menjadi salah satu dari matriks seperti Matriks kovarian C2, Matriks kovarian C3, Matriks kovarian C4, Matriks koherensi T3, Matriks koherensi T4 [16]. Berbagai format data *polarimetric matrix generation* yang didapat menurut sumber dari Ncol matrix adalah sebagai berikut:

- a) Matriks Sinclair [S2] kompleks (2x2) yang merupakan representasi polarimetrik koheren terkait insiden dan vektor Jones yang tersebar. Dalam kasus umum, ini terdiri dari empat elemen kompleks dan menjadi simetris dalam konfigurasi monostatis.
- b) Matriks Koherensi [T3] atau Kovarian [C3] kompleks (3x3) yang sesuai dengan representasi polarimetrik yang tidak koheren yang berkaitan dengan statistik orde dua dari elemen matriks hamburan monostatik.
- c) Matriks Koherensi [T4] kompleks (4x4) atau Kovarian [C4] yang sesuai dengan representasi polarimetrik yang tidak koheren yang berkaitan dengan statistik orde dua dari bistatis elemen matriks hamburan.
- d) Representasi Partial Polarimetri yang terdiri dari dua saluran polarimetri yang koheren diperoleh dalam konfigurasi polarimetri tereduksi, dan kompleks terkait (2x2) Matriks kovarian [C2] sesuai dengan representasi polarimetrik yang tidak koheren berkaitan dengan statistik orde dua dari dua elemen matriks hamburan.

2.2.6 *Polarimetric Speckle Filtering*

Untuk membersihkan beberapa spekel yang melekat pada citra SAR, dapat menerapkan filter spekel. Saat bekerja dengan gambar SLC atau terdeteksi terpolarisasi tunggal, peneliti menggunakan Filter Speckle konvensional yang ada di menu pengolahan SAR. Namun, untuk data polarimetrik lengkap, tersedia filter bintang polarimetrik yang memanfaatkan semua pita dan mempertahankan informasi kompleks. Untuk pemfilteran spekel polarimetrik, tersedia filter seperti Boxcar, Improved Lee Sigma, Refined Lee Filter, *Intensity Driven Adaptive Neighborhood* (IDAN). Pada penelitian ini menggunakan Refined Lee Filter dengan *number of looks* 1, dan *windows size* 7 x 7 yang berguna untuk mendapatkan area yang sesuai dengan informasi yang sudah melekat pada spekel [16].

2.2.7 *Polarimetric Decompositions*

Polarimetric Decomposition berguna untuk pemisahan kontribusi hamburan yang berbeda dan dapat digunakan untuk mengekstrak informasi tentang proses hamburan, Dekomposisi polarimetrik memungkinkan pemisahan kontribusi hamburan yang berbeda dan dapat digunakan untuk mengekstrak informasi tentang proses hamburan [16]. Dekomposisi polarimetrik terdiri dari beberapa *decomposition* seperti Sinclair, Pauli, Freeman-Durden, Yamaguchi, Van Zyl, Cloude, H-alpha, Touzi.

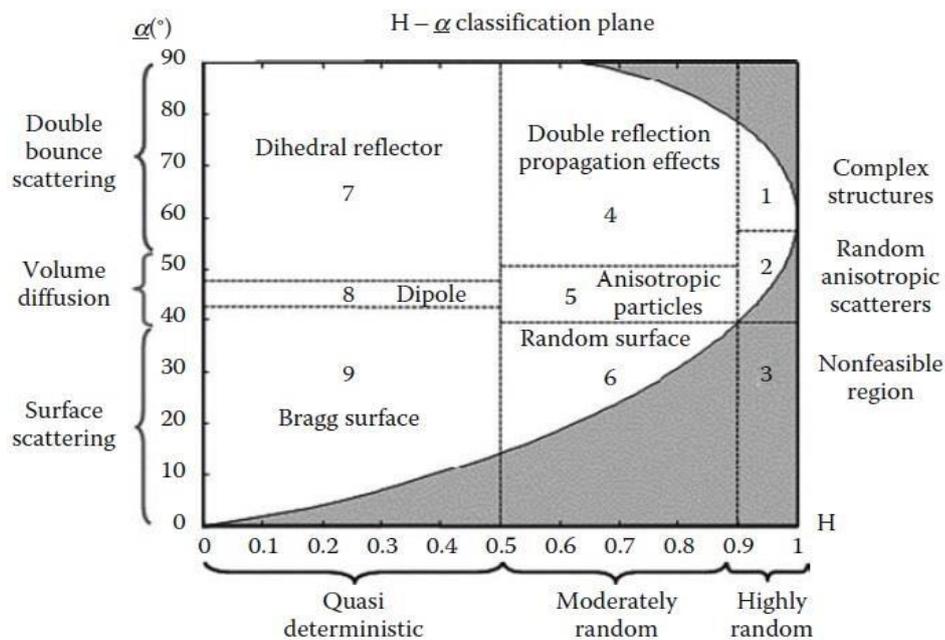
Pada penelitian ini menggunakan H-Alpha Dual Pol Decomposition, yang akan menghasilkan band Entropy, Anisotropy, dan Alpha. Setelah itu melakukan proses Prosecing Parameter pada *Unsupervised Polarimetric Classification* yang akan menghasilkan H-Alpha Dual Pol Wishart, setelah itu identifikasi gambar area yang cocok dengan warna yang sudah dihasilkan. Dekomposisi ditujukan untuk mengetahui perbedaan mekanisme hamburan dan sifat fisik objek. Penelitian ini menggunakan dekomposisi polarimetrik H/A/ α dari S.R. Cloude dan E. Pottier [4]. Metode ini mengklasifikasikan data polarimetrik RADAR berdasarkan dekomposisi *eigenvalue* atas matrik *coherency* atau *covariance*-nya menjadi parameter

Entropy (H), Alpha angle (α) dan Anisotropy (A) dimana parameter tersebut diperoleh dari rumus (Cloude, 1996) sebagai berikut:

- a) Entropy (H) merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kerandoman hamburan suatu objek. Entropy (H) bernilai antara 0~1 dimana $H=0$ mengindikasikan *single scattering mechanism* dan $H=1$ mengindikasikan *random mixture scattering mechanism*. Parameter Entropy memberikan informasi tingkat hamburan keacakan. Contohnya hamburan permukaan laut ditandai dengan tingkat keacakan rendah.
- b) Alpha angle (α) menunjukkan tipe hamburan yang paling dominan berdasarkan sudut pantul hamburan. Alpha bernilai $\alpha=0^\circ$ mengindikasikan *surface scattering*, $\alpha=45^\circ$ mengindikasikan *dipole* atau *volume scattering* dan $\alpha=90^\circ$ mengindikasikan *multiple scattering* atau *dihedral reflector*.
- c) Anisotropy (A), memberikan informasi lebih lanjut mengenai banyaknya komponen hamburan. Anisotropy bernilai $0 \leq A \leq 1$ dimana $A \leq 1$ menunjukkan *azimuthal symmetry surface* dan $A > 0$ mengindikasikan peningkatan jumlah Anisotropy hamburan. Ketika $A \leq 1$ nilai eigen kedua dan ketiga adalah sama. Anisotropy dapat mencapai nilai tersebut untuk mekanisme hamburan yang dominan.

2.2.8 Polarimetric Unsupervised Classification

Polarimetric Unsupervised Classification berguna untuk mengklasifikasi kelas apa yang ada dalam data dan cara terbaik setiap piksel dapat dikelompokkan. Saat pemrosesan selesai, produk hasil klasifikasi baru akan memiliki satu pita dengan beberapa wilayah yang masing-masing termasuk dalam salah satu dari sembilan kelas Baik Cloude-Pottier dan pengklasifikasi Wishart didasarkan pada penggunaan bidang Entropi (H) / Alfa (α). Pada Gambar 2.5 dijelaskan Pengklasifikasi Wishart akan terus menghitung pusat dari sembilan kluster, dan kemudian mengklasifikasikan ulang piksel berdasarkan jarak Wishart ke pusat kluster. Kelas dapat diinterpretasikan menurut bidang klasifikasi H- α .



Gambar 2. 5 *Unsupervised Classification Polarimetric H / α*

Berdasarkan klasifikasi *unsupervised H-Alpha plane* sembilan zona adaptasi dari Cloude dan Pottier bisa dilihat kategori *scattering*. Pembagian kategori ditunjukkan pada tabel berikut ini [12]. Pembagian sembilan zona klasifikasi *unsupervised H-Alpha plane* dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 klasifikasi unsupervised H-Alpha plane sembilan zona adaptasi dari Cloude dan Pottier

Zona	<i>Entropy</i>	<i>Alpha</i>	Tipe <i>Scattering</i>
1	0,9 – 1	55 – 90	<i>Entropy</i> tinggi <i>multiple scattering</i>
2	0,9 – 1	40 – 45	<i>Entropy</i> tinggi <i>vegetation scattering</i>
3	0,9 – 1	0 – 45	<i>Entropy</i> tinggi <i>surface scattering</i>
4	0,5 – 0,9	50 – 90	<i>Entropy</i> menengah <i>multiple scattering</i>
5	0,5 – 0,9	40 – 50	<i>Entropy</i> menengah <i>vegetation scattering</i>
6	0,5 – 0,9	0 – 40	<i>Entropy</i> menengah <i>surface scattering</i>
7	0 – 0,5	47,5 – 90	<i>Entropy</i> rendah <i>multiple scattering</i>
8	0 – 0,5	42,5 – 47,5	<i>Entropy</i> menengah <i>dipole scattering</i>
9	0 – 0,5	0 – 42,5	<i>Entropy</i> menengah <i>surface scattering</i>

Pengolahan *unsupervised polarimetric classification* dengan *wishart classification* akan didapatkan 9 kelas atau zona secara otomatis. Zona-zona tersebut dapat kita identifikasikan melalui scatter yang didapat.

Pada zona 1 (Z1) dikategorikan sebagai *Entropy* tinggi *multiple scattering* yang memiliki nilai *entropy* 0,9 – 1 dan nilai *alpha* angel 55 – 90 ini menunjukkan adanya mekanisme *double bounce* pada *high entropy*. Nilai *entropy* pada zona ini juga menandakan adanya kerandoman hamburan acak yang tinggi. Zona 1 di identifikasikan sebagai hutan yang lebat dan masih bertumbuh.

Zona 2 (Z2) dikategorikan sebagai Entropy tinggi *vegetation scattering* yang memiliki nilai entropy sebesar 0,9 – 1 dan nilai alpha angle 40 – 45. Zona ini menunjukkan adanya mekanisme volume *scattering* dan adanya kerandoman acak hamburan yang tinggi. Zona ini diidentifikasi untuk daerah *non* perairan yang hamburannya berasal dari kanopi hutan.

Zona 3 (Z3) dikategorikan Entropy tinggi *Surface scattering*. Pada zona ini memiliki mekanisme hamburan yang memiliki tingkat kerandoman hamburan acak yang tinggi karena memiliki nilai entropy mendekati nilai maksimal yaitu 1 dan menandakan adanya *surface scattering* karena memiliki nilai *alpha angle* kurang dari 45. Zona ini merupakan zona tidak dikategorikan sebagai zona yang *feasible* (layak). Karena sulitnya mengidentifikasi scatter yang dimiliki.

Zona 4 (Z4) dikategorikan Entropy menengah *multiple scattering*, memiliki nilai entropy 0,5 – 0,9 dan nilai alpha angle sebesar 50 – 90. Menandakan adanya kerandoman hamburan acak yang menengah dan memiliki mekanisme *dihedral scattering*. Pada zona ini diidentifikasi sebagai kawasan permukiman dan lahan terbuka.

Zona 5 (Z5) dikategorikan sebagai Entropy menengah *volume scattering*. Pada zona ini memiliki mekanisme hamburan *dipole scattering* karena memiliki nilai alpha angle sebesar 40 – 50 dan memiliki tingkat kerandoman hamburan acak menengah. Zona ini diidentifikasi sebagai zona *non* perairan yaitu vegetasi yang cukup rapat didalam penelitian ini dikategorikan sebagai perkebunan.

Zona 6 (Z6) dikategorikan sebagai Entropy menengah *surface scattering* dengan nilai entropy 0,5 – 0,9 yang diidentifikasi memiliki kerandoman hamburan acak menengah dan dengan nilai alpha angle 0 – 40 dengan mekanisme *surface scattering*. Zona ini diidentifikasi sebagai vegetasi cukup rapat dan pada penelitian ini diidentifikasi sebagai perkebunan.

Zona 7 (Z7) dikategorikan sebagai Entropy rendah *multiple scattering* dengan nilai entropy 0-0,5 dan nilai *alpha angle* sebesar 47,5 – 90. Mencerminkan peningkatan entropi akibat perubahan kekasaran permukaan dan akibat efek penyebaran kanopi pada penelitian ini diidentifikasi sebagai perkebunan.

Zona 8 (Z8) merupakan Entropy rendah *volume scattering*, dengan nilai entropy 0-0,5 dan nilai *alpha angle* 42.5 – 47.5 mencerminkan hamburan dari vegetasi yang kuat, pada penelitian ini zona 8 diidentifikasi sebagai hutan.

Zona 9 (Z9) merupakan Entropy rendah *surface scattering*, memiliki nilai entropy sebesar 0-0,5 dan nilai *alpha angle* 0 – 42,5. Hamburan pada zona ini mencerminkan daerah yang halus seperti tanah kosong dan topografi yang halus.

2.3 Suhu Permukaan

Temperatur adalah suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan. Satuan ukur dari temperatur yang banyak digunakan di Indonesia adalah °C (derajat Celcius). Suhu Permukaan Tanah adalah suhu radiasi permukaan tanah yang berasal dari radiasi matahari. Dari sudut pandang satelit, permukaan adalah apa pun yang dilihatnya ketika ia melalui atmosfer ke tanah, seperti salju atau es, rumput di halaman, atap bangunan atau dedaunan di kanopi hutan. Suhu permukaan tanah tidak sama dengan suhu udara yang termasuk dalam laporan cuaca harian. Suhu permukaan mengacu pada suhu permukaan atas dalam kondisi tanah gundul dan suhu efektif pemancaran kanopi vegetasi yang ditentukan dari pandangan bagian atas kanopi. Berikut adalah beberapa tahapan untuk menentukan suhu permukaan tanah :

2.4 Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS

Satelit LDCM (Landsat 8) adalah misi kerjasama antara NASA dan USGS (U.S.) meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek- objek pada permukaan bumi, dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat pendahulunya yaitu 30 meter. Untuk menghasilkan kontinuitas kanal inframerah termal, pada tahun 2008 program LDCM mengalami pengembangan, yaitu sensor pencitra *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* ditetapkan sebagai pilihan pada misi Landsat 8 yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI [16]. Landsat 8 yang memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Landsat ini

memiliki 11 band, 9 band diantaranya berada di OLI dan 2 band lainnya berada di TIRS. Sensor *Operational Land Imager* (OLI), yang memiliki umur desain lima tahun, serupa dalam desain *Advanced Land Imager* (ALI) yang termasuk *Earth Observing 1* (EO-1) dan mewakili teknologi dengan kemajuan yang signifikan dari ET7 + L7 sensor. Instrumen sebelumnya pada satelit landsat dipekerjakan cermin berkilasi untuk menyapu detektor *Field of View* (FOV) melintasi lebar petak (*whiskbroom*), tetapi OLI sebagai gantinya menggunakan panjang array detektor linier dengan ribuan detektor per band spektral. Detektor selaras di seluruh pesawat, fokus instrumen dikumpulkan pencitraan dengan cara "*Push-Broom*", menghasilkan instrumen yang lebih sensitif dengan bagian yang lebih sedikit untuk bergerak. OLI memiliki 4 cermin teleskop, dan data yang dihasilkan oleh OLI dikuantifikasi menjadi 12 bit, dibandingkan dengan data 8-bit yang dihasilkan oleh sensor TM dan ETM+ [17].

Sensor OLI mengumpulkan data gambar dari 9 panjang gelombang pendek band spektral sejauh 190km dengan resolusi spasial 30m untuk semua band kecuali band pankromatik 15m. Lebar beberapa band OLI disempurnakan untuk menghindari fitur penyerapan atmosfer dalam band ETM+. Perubahan terbesar terjadi pada OLI band 5 (0,845-0,885 mikrometer (μm)) untuk mengecualikan fitur penyerapan uap air pada 0,825 μm di tengah-tengah band ETM+ near-infrared (Band 4; 0,775- 0,900 μm). OLI pan band 8, juga relatif lebih sempit dibandingkan dengan ETM+ pan band, itu karena untuk menciptakan kontras yang lebih besar antara area vegetasi dan lahan tanpa tutupan vegetasi. OLI juga memiliki dua band baru selain band Landsat lama (1-5, 7, dan pan). Band Coastal/Aerosol (Band 1; 0.435-0.451 μm), terutama untuk pengamatan warna laut, mirip dengan band ALI 1, dan band Cirrus baru (Band 9; 1.36-1.38 μm), hal itu dapat membantu dalam pendeteksian awan tipis yang terdiri dari kristal es (awan cirrus tampak cerah, sementara sebagian besar permukaan daratan tampak gelap melalui atmosfer bebas awan yang mengandung uap air) [5].

Tabel 2.3 menjelaskan 8 band yang ada pada tipe *Operational Land Imager* (OLI).

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor OLI

<i>Band</i>	Resolusi	Panjang Gelombang (μm)	Keterangan
<i>Band 1</i>	30 meter	0.435 - 0.451	<i>Coastal/Aerosol</i>
<i>Band 2</i>	30 meter	0.452 - 0.512	<i>Blue</i>
<i>Band 3</i>	30 meter	0.533 - 0.590	<i>Green</i>
<i>Band 4</i>	30 meter	0.636 - 0.673	<i>Red</i>
<i>Band 5</i>	30 meter	0.851 - 0.879	NIR
<i>Band 6</i>	30 meter	1.566 - 1.651	SWIR-1
<i>Band 7</i>	30 meter	2.107 - 2.294	SWIR-2
<i>Band 8</i>	15 meter	0.503 - 0.676	Pankromatik

Seperti OLI, *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) adalah sensor push- broom yang menggunakan bidang fokus dengan array panjang dari detektor fotosensitif. TIRS menggunakan *Quantum Well Infrared Photodetectors* (QWIPs) untuk mengukur energi *Thermal Infrared* (TIR) gelombang panjang yang dipancarkan oleh permukaan bumi, yang intensitasnya merupakan fungsi dari suhu permukaan. TIRS QWIPs sensitif terhadap dua band panjang gelombang inframerah termal, memungkinkan pemisahan suhu permukaan bumi dari suhu atmosfer. Desain QWIP beroperasi pada prinsip kompleks mekanika kuantum. Cip semi konduktor Gallium arsenide menghantarkan elektron dalam keadaan energi sumur sampai elektron terangkat ke tingkat yang lebih tinggi dengan cahaya inframerah termal dari panjang gelombang tertentu. Elektron yang ditinggikan membuat sinyal listrik yang dapat dibaca, direkam, diterjemahkan ke unit fisik, dan digunakan untuk membuat gambar digital. Sensor TIRS, yang memiliki umur desain tiga tahun, mengumpulkan data gambar untuk dua band termal dengan resolusi spasial 100m sejauh 190km. Dua band inframerah termal mencakup rentang panjang gelombang

pita termal TM dan ETM+ yang lebih luas (10,0-12,5 μm) [18].

Data yang dihasilkan oleh TIRS dikuantisasi menjadi 12 bit. Meskipun TIRS memiliki resolusi spasial yang lebih rendah dari 60m ETM + band 6, dual band termal secara teoritis memungkinkan pengambilan suhu permukaan, tetapi masalah cahaya yang menyimpang dengan band 11 menghalangi penggunaan pendekatan ini. Seperti OLI, persyaratan TIRS juga menentukan keseragaman spektral lintasan, kinerja radiometrik, termasuk ketidakpastian kalibrasi absolut, sensitivitas polarisasi, dan stabilitas jarak sampel tanah dan respon tepi, geometri gambar serta geolokasi, termasuk pendaftaran bersama band spectral. Tabel 2.4 menjelaskan 2 band yang ada pada tipe *Thermal Infrared Sensor* (TIRS).

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor TIRS

<i>Band</i>	Resolusi	Panjang Gelombang (μm)	Keterangan
<i>Band 10</i>	100 meter	10.60 - 11.16	TIR-1
<i>Band 11</i>	100 meter	11.50 - 12.51	TIR-2

2.4.1 *Top Of Atmosphere (TOA)*

Untuk mengakses citra termal perlu untuk mengubah citra dari *Digital Number* (DN) ke nilai-nilai yang mewakili energi yang menarik dari wilayah studi. Untuk menentukan suhu kecerahan dari band Landsat 8 TIR, nilai DN harus dikonversi menjadi cahaya *Top of Atmosphere* (TOA), yang kemudian dapat dikonversi ke suhu kecerahan di sensor. Produk Landsat 8 standar dikirimkan dalam format integrasi unsigned 16-bit dan dapat diubah kembali menjadi TOA dengan menggunakan koefisien skala radiometrik yang disediakan dalam file metadata Landsat 8 [19]. Ini juga mengandung konstanta termal yang diperlukan untuk mengkonversi data TIR ke suhu kecerahan sensor. Berdasarkan Persamaan 2.1 berikut yang digunakan untuk mengubah nilai DN ke nilai TOA *Spectral Radiance* menggunakan *radiance rescaling factors* yaitu sebagai berikut :

$$L\lambda = MLQcal + A \dots\dots\dots(2. 1)$$

Keterangan :

$L\lambda$: *Spectral radiance* ($Wm^{-2} sr^{-1}\mu m^{-1}$)

MLQ : konstanta *rescalling* ($REFLECTANCE_MULT_BAND_X$, dimana x adalah

band yang digunakan)

$Qcal$: Nilai pixel (*Digital Number*)

AL : Konstanta penambah

2.4.2 *Brightness Temperature*

Setelah itu band TIRS dari pancaran spektral ke suhu kecerahan menggunakan sensor konstanta termal. Data TIRS juga dapat dikonversi dari pancaran spektral menjadi suhu kecerahan, yang merupakan suhu efektif yang dilihat oleh satelit dengan asumsi emisivitas persatuan. Rumus konversi *Brighthness Temperature* bisa dilihat dari Persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$TB = K2/\ln (K1 / L\lambda + 1) - 273.15 \dots\dots\dots(2. 2)$$

Keterangan :

TB : *Brighthness Temperature* satelit ($^{\circ}C$)

K1 : Konstanta konversi termal khusus band dari Metadata

K2 : Konstanta konversi termal khusus band dari Metadata

$L\lambda$: Radian spektral pada kanal ke-1 ($Wm^{-2} sr^{-1}\mu m^{-1}$)

2.4.3 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indeks Vegetasi atau *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (*Near-Infrared Radiation*) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi [20]. Perhitungan NDVI didasarkan pada prinsip bahwa tanaman hijau tumbuh secara sangat efektif dengan menyerap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak PAR (*Photosynthetically Active Radiation*), sementara itu tanaman hijau sangat memantulkan radiasi dari daerah inframerah dekat. Konsep pola spektral didasarkan oleh prinsip ini menggunakan hanya citra band merah menggunakan rumus NDVI dari Persamaan 2.3 berikut ini.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Band NIR} - \text{Band Red}}{\text{Band NIR} + \text{Band Red}} \dots\dots\dots(2. 3)$$

Keterangan :

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR : Nilai Infra Merah dari *Pixel*

Red : Radiasi Cahaya Merah dari *Pixel*

Metode ini akan digunakan untuk menentukan fraksi penutup vegetasi (*Fractional Vegetation Cover*) hingga pada akhirnya akan menjadi salah satu parameter untuk menentukan suhu permukaan tanah.

2.4.4 Fractional Vegetation Cover (FVC)

Fractional Vegetation Cover (FVC) didefinisikan sebagai persentase yang diproyeksikan dari total area studi yang bervegetasi (akar, batang dan daun). FVC tidak hanya mencerminkan ukuran area fotosintesis tanaman dan kepadatan pertumbuhan vegetasi tetapi juga mewakili area pertumbuhan vegetasi sampai batas tertentu [21]. Sebagai parameter penting untuk keseimbangan dan pengembangan ekosistem terestrial, FVC banyak digunakan dalam penelitian terkait perubahan iklim, tanah dan hidrologi. Rumus Persamaan 2.4 yang digunakan untuk menentukan FVC adalah sebagai berikut :

$$FVC = ((NDVI - NDVImin)/(NDVImax - NDVImin))^2 \dots\dots\dots(2. 4)$$

Keterangan :

FVC : Fractional Vegetation Cover

NDVImin : nilai NDVI yang terkecil

NDVImax : nilai NDVI yang terbesar

2.4.5 Land Surface Emissivity (LSE)

Emisivitas merupakan perbandingan tenaga pancaran suatu benda tertentu pada suhu tertentu dibandingkan dengan pancaran benda hitam pada objek yang sama. LSE sangat tergantung pada kekasaran permukaan, sifat tutupan vegetasi. Berikut adalah rumus Persamaan 2.5 yang menghitung nilai emisivitas :

$$\epsilon = 0.004FVC + 0.986 \dots\dots\dots(2. 5)$$

Keterangan :

ϵ : Emisivitas

FVC : Fractional Vegetation Cover

0,986 adalah nilai emisivitas standar untuk tumbuhan. Namun, karena piksel TM berisi lebih dari satu tutupan lahan atau kelas penggunaan (anggota akhir), kami menghitung LSE untuk setiap anggota akhir. Dalam kasus penelitian ini $LSE = 0.004Pv + 0.986$ adalah untuk vegetasi *endmember* dimana; PV adalah

promosi / pecahan anggota akhir dalam piksel yang diskalakan oleh 0,004 (nilai standar lainnya).

2.4.6 Land Surface Temperature (LST)

Suhu permukaan didefinisikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu objek, dapat juga didefinisikan sebagai suhu rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan satu pixel dengan tipe permukaan yang berbeda-beda. Pada lahan terbuka, suhu permukaan dapat diartikan sebagai suhu permukaan lahan atau yang biasa dikenal Land Surface Temperature. Secara umum, LST dapat diperkirakan dengan menerapkan algoritma matematika terstruktur seperti *mono-window* (MW), *splitwindow* (SW), *single channel* (SC) dan algoritma *multi angle* (MA)[21]. Algoritma ini menggunakan *Brightness Temperature* (BT) dari band TIRS dan perbedaan dalam emisivitas permukaan tanah untuk memperkirakan LST suatu daerah. Algoritma *mono-window* telah digunakan untuk memperkirakan LST. Algoritma *mono-window* hanya menggunakan band 10 karena pada band 11 terdapat masalah, yaitu adanya efek *Stray Light* yang merupakan adanya cahaya yang masuk ke jalur optik pada teleskop TIRS sehingga direkomendasikan untuk tidak menggunakan band 11. LST dirumuskan pada Persamaan 2.6 berikut :

$$LST = TB / (1 + (W * TB^p) * \ln(e)) \dots\dots\dots(2. 6)$$

Keterangan :

LST : Suhu Permukaan Tanah (°C)

TB : *Temperature Brightness* (°K)

W : Nilai panjang gelombang band 10 p : hc/σ : 1.4388×10^{-2} mK

h : Konstanta Planck (6.26×10^{-34} Jsec)

c : Kecepatan Cahaya (2.998×10^8 m/s⁻¹)

σ : Konstanta Stefan-Boltzman (1.38×10^{-23} J K⁻¹)

e : Emisivitas objek

2.5 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara dua atau lebih variabel secara linier maupun non linier. Ukuran statistik yang menggambarkan kekuatan hubungan variabel adalah koefisien korelasi (r). Koefisien korelasi juga digunakan untuk mengetahui arah hubungannya. Arah hubungannya dinyatakan dalam bentuk hubungan positif atau negatif, sedangkan hubungan dinyatakan dalam besaran koefisien korelasi [22]. Tabel 2.5 menunjukkan nilai interval koefisien berdasarkan tingkat hubungan yang diperoleh dari dua variabel yang akan dikorelasikan.

Tabel 2. 5 Interfal Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tinggi Hubungan
0 - 0.19	Sangat rendah
0.2 - 0.39	Rendah
0.4 - 0.59	Cukup
0.6 - 0.79	Kuat
0.8 - 1	Sangat kuat

Pola antara dua variabel korelasi yang terjadi antara dua variabel yaitu :

- ✓ Korelasi linier positif, yaitu perubahan salah satu nilai variabel dengan perubahan nilai variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang sama. Jika nilai variabel X mengalami kenaikan, maka variabel Y akan ikut naik. Jika nilai variabel X mengalami penurunan, maka variabel Y akan ikut turun., apabila nilai koefisien mendekati +1 berarti data variabel X dan Y memiliki korelasi linier.
- ✓ Korelasi linier negatif, yaitu perubahan salah satu nilai variabel diikuti perubahan nilai variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang berlawanan. Jika nilai variabel X mengalami kenaikan, maka nilai variabel Y akan turun, begitupun sebaliknya. Apabila nilai koefisien korelasinya mendekati -1 maka hal ini menunjukkan data variabel X dan variabel Y memiliki korelasi linier negatif .
- ✓ Tidak berkorelasi, yaitu kenaikan nilai variabel yang satunya bisa diikuti dengan penurunan variabel lainnya atau diikuti dengan variabel lainnya. jika nilai koefisien korelasinya mendekati nol berarti pasangan dari variabel X dan variabel Y memiliki korelasi yang sangat lemah atau tidak berkorelasi.