BAB II

TEORI DASAR

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh secara umum didefinisikan sebagai ilmu, teknik, seni untuk memperoleh informasi atau data mengenai kondisi fisik suatu benda atau objek, target, sasaran maupun daerah dan fenomena tanpa menyentuh atau kontak langsung dengan benda atau target tersebut [7]. Sensor yang digunakan pada penginderaan jauh adalah sensor jauh, yaitu sensor yang secara fisik berada jauh dari benda atau objek tersebut. Untuk itu digunakan sistem pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Ilmu disini menggambarkan ilmu atau *sains* yang diperlukan baik dalam konsep perolehan data, pengolahan bahkan analisis data untuk mendapatkan teknik pelaksanaan pengambilan data yang tepat serta sesuai dengan tujuan perolehan data. Sedangkan teknik, menunjukkan bahwa teknologi penginderaan jauh memerlukan kemampuan merancang bangun untuk semua peralatan yang menyaing seperti wahana, sensor, sistem sensor, stasiun di bumi maupun sistem penerima data dan pengolahannya. Data yang diperoleh dari penginderaan jauh ini umumnya berbentuk keruangan atau spasial sehingga dalam pengolahannya memerlukan seni tampilan yang serasi, menarik dan mudah dimengerti [7].

Sistem sensor jauh yang digunakan pada penginderaan jauh ada dua, yaitu sistem sensor pasif dan sistem sensor aktif. Sistem sensor pasif pada umumnya memanfaatkan panjang gelombang cahaya tampak, inframerah dekat dan inframerah tengah serta panjang gelombang mikro tertentu. Penginderaan jauh dengan sistem sensor pasif biasanya digunakan untuk fotografi, foto udara, satelit NOAA, satelit Landsat, Spot dan sebagainya. Sementara sistem sensor aktif menggunakan gelombang mikro dan RADAR.

2.2 Penginderaan Jauh Aktif Sistem RADAR

RADAR merupakan singkatan dari *Radio Detection And Ranging*. RADAR termasuk penginderaan jauh gelombang mikro aktif, yaitu penginderaan jauh dimana sensornya menyediakan energi atau cahayanya sendiri. RADAR merupakan alat yang menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi keberadaan serta menentukan posisi suatu obyek [8]. Proses yang termasuk di dalamnya antara lain mengirimkan pulsa energi gelombang mikro pada objek yang diinginkan dan merekam kekuatan dan asal pantulan yang diterima oleh objek di dalam area pencitraan. Sistem RADAR mempunyai tiga fungsi utama, yaitu: (1) mengirim sinyal gelombang mikro ke suatu objek/target, (2) menerima energi transmisi hamburan balik dari objek/target, (3) mengamati kekuatan/energi (deteksi) dan waktu jeda (*ranging*) dari sinyal balik. RADAR yang bersifat *imaging* disebut juga *Synthetic Aperture Radar* (SAR). *Synthetic Aperture Radar* (SAR) merupakan sistem RADAR koheren yang membentuk citra penginderaan jauh resolusi tinggi yang dapat digunakan pada siang maupun malam hari. SAR dapat digunakan pada siang maupun malam hari pada segala jenis kondisi cuaca. Hal ini dikarenakan sistem SAR menggunakan gelombang radio (*microwave*) untuk pengamatan permukaan bumi. Proses yang ada di dalamnya antara lain mengirimkan pulsa energi gelombang mikro pada objek yang diinginkan dan merekam kekuatan asal pantulan yang diterima oleh objek di dalam area pencitraan. Kelebihan-kelebihan RADAR antara lain bebas dari gangguan yang terjadi di atmosfer, seperti awan, asap dan hujan dan dapat mencitra pada siang hari maupun malam hari [4].

2.2.1 Polarisasi

Polarisasi merupakan peristiwa perubahan arah getar gelombang cahaya yang acak menjadi satu arah getar, dimana getaran suatu gelombang dibatasi menurut pola tertentu. Polarisasi gelombang menunjukkan arah medan listrik pada suatu titik yang dilewati oleh gelombang tersebut. Peristiwa polarisasi ini hanya dapat terjadi pada gelombang transversal saja [9]. Citra satelit SAR Sentinel-1A merupakan citra yang menggunakan sistem RADAR (*radio detection and ranging*). Citra

RADAR dari satelit memancarkan sensor gelombang mikro aktif yang menyinari objek. Sensor memancarkan gelombang mikro menuju objek dan mendeteksi *backscatter* atau pancaran balik dari sinyal. Tanpa bergantung pada panjang gelombang, sinyal radar dapat dikirimkan secara horizontal (H) maupun vertikal (V) dari bidang vektor, dan sinyal kembali diterima juga secara horizontal atau vertikal, dan ataupun kedua-duanya. Dasar proses fisik dilakukan untuk polarisasi (VV atau HH) kembali yaitu *quasispecular* pantulan permukaan dan permukaan atau *volume* hamburan. *Cross-polarised* (HV atau VV) kembali biasanya lemah serta seringnya menyatu dengan banyak hamburan yang kaitannya dengan kekasaran dan banyak *volume* hamburan. Mekanisme hamburan atau kembalinya dari perbedaan permukaan mungkin biasanya sering bertukar-tukar dengan jelas pada sudut pandang radar. Oleh karena itu citra berpolarisasi VV atau HH baik digunakan untuk mendeteksi objek berbentuk permukaan seperti air, lapangan beton, jalan aspal dan sebagainya, sedangkan citra berpolarisasi VH atau HV baik digunakan untuk mendeteksi objek seperti tajuk pohon.

Dalam pendeteksian tumpahan minyak, polarisasi yang tepat digunakan adalah polarisasi VV [6]. Polarisasi VV memberikan *backscatter* radar yang tinggi dari permukaan laut dibandingkan polarisasi HH. Sedangkan penggunaan polarisasi VV disarankan dalam pendeteksian tumpahan minyak karena memberikan kontras lapisan minyak yang lebih baik. Pada pantulan VH dan HV terjadi dari mekanisme pantulan yang lebih kompleks, maka tidak sesuai untuk pendeteksian tumpahan minyak karena pantulan dari permukaan laut akan berada di bawah kebisingan dasar SAR [10].

2.2.2 Scattering

Informasi yang terdapat pada citra SAR adalah amplitudo dan fase. Informasi fase pada citra SAR digunakan dalam bentuk interferometri yang diambil dari dua citra SAR, sedangkan informasi amplitudo

menggambarkan kekuatan dari *scattering* atau hamburan. Terdapat dua jenis hamburan yakni *surface scattering* dan *volume scattering*. Nilai dari hamburan ini dipengaruhi oleh tingkat kekasaran (*surface roughness*) permukaan objek. Permukaan yang halus akan menghamburkan sebagian besar sinyal, sedangkan permukaan yang kasar akan memantulkan sinyal kembali ke sensor lebih banyak. Hal ini mengakibatkan semakin kasar permukaan obyek maka nilai *scatter* akan semakin tinggi, citra juga akan memberikan penampakan yang tidak halus. Begitu pula sebaliknya, pada citra SAR nilai hamburan tinggi akan cenderung bewarna putih sedangkan nilai hamburan rendah cenderung bewarna hitam atau gelap [11].

Nilai hambur balik SAR bervariasi pada *range* tertentu berdasarkan koefisien *sigma nouht* (σ^0) yang berkisar antara +20 dB hingga -40 dB. Masih berkaitan dengan nilai hamburan balik SAR juga dipengaruhi oleh kekasaran permukaan objek dan sifat dielektrik objek. Kekasaran permukaan objek bersifat relatif dipengaruhi oleh panjang gelombang dan sudut depresi antena, dikatakan kasar apabila beda tinggi rata-rata kekasarannya sama atau lebih besar dari panjang gelombang yang digunakan. Sedangkan yang dimaksud sifat dielektrik ialah kemampuan sebuah objek untuk memantulkan atau meneruskan tenaga RADAR yang dinyatakan dalam konstanta dielektrik kompleks. Semakin besar nilainya maka semakin besar pula pantulannya, seperti objek air. Sehingga nilai hamburan balik semakin besar apabila objek seperti tanah dan vegetasi memiliki banyak kandungan air dan bisa dikatakan pantulan gelombang radar lebih dipengaruhi oleh kelembaban dibanding jenis objeknya.

2.3 Pengolahan Citra

2.3.1 Menyeleksi area

Menyeleksi area (*spatial subset*) merupakan tahapan yang perlu dilakukan untuk pengambilan daerah pada citra sesuai dengan lokasi

penelitian. Penerapan seleksi area ini juga perlu dilakukan apabila tumpahan minyak tidak cukup besar, tersebar dengan cepat, dan tidak memungkinkan untuk menggunakan pengamatan dengan *surveillance*, maka digunakan fungsi ini dengan mengaplikasikan *cropping* area lapisan dengan tumpahan minyak yang sedikit. Fungsi ini membantu untuk fokus terhadap calon tumpahan minyak pada wilayah tersebut, dan di sisi lain untuk menghapus potensi adanya *noise* pada langkah selanjutnya [9].

2.3.2 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama [12]. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran histogram (*histogram adjustment*), metode regresi dan metode kalibrasi bayangan [12]. Selain itu, koreksi radiometrik sangat bermanfaat untuk menganalisis data multitemporal dan multisensor yang digunakan untuk interpretasi dan mendeteksi perubahan secara kontinu.

2.3.3 Filtering

Speckle noise terdapat pada citra dalam proses konstruksi atau pun transmisi. *Noise* membuat penurunan kualitas citra dan berdampak pada hasil *threshold*. Untuk itu, *filter* diaplikasikan untuk mengurangi potensi adanya *noise* tersebut. Beberapa *filter* yang dapat diaplikasikan yaitu *frost filter*, *gamma filter* dan *lee filter*.

1. *Frost Filter*

Frost filter merupakan sebuah *filter* simetrik eksponensial secara sirkular [13]. Pada saat perhitungannya didasarkan pada jarak piksel

yang diamati terhadap titik pusat, faktor jarak dan variasi lokal mempengaruhi nilai dari piksel yang baru. *Filter* piksel ini diaplikasikan pada citra yang berpolarisasi secara HH ataupun HV. Ukuran jendela pengamatan *filter* yang diujikan pada citra ini dibagi menjadi tiga macam yaitu 3x3, 5x5 dan 7x7. Penggunaan ukuran jendela pengamatan yang berbeda bertujuan mempelajari efek dari ukuran jendela pengamatan terhadap proses penghalusan dari karakteristik dan sisi-sisi objek yang teramati [14].

2. *Gamma Filter*

Filter gamma adalah *filter* yang memiliki fungsi sebagai penyaring dengan sistem operasi mengganti nilai piksel yang berhubungan dengan nilai jumlah bobot pada ukuran pengamatan 3x3, 5x5 dan 7x7. Nilai bobot ini akan semakin bertambah seiring bertambahnya jarak antara piksel yang saling berhubungan. Faktor nilai bobot ini juga bertambah nilainya dibandingkan dengan nilai piksel pada titik pusat secara bervariasi [15]. *Filter* ini mengasumsikan adanya gangguan secara berganda dan gangguan secara tidak tetap. Logika *gamma* berfungsi untuk memaksimalkan nilai fungsi probabilitas yang masih mengacu tampilan gambar asli. Logika ini merupakan gabungan antara properti geometri dan statistika dari lokal area serta dikontrol oleh koefisien varian dan rasio geometri yang beroperasi pada deteksi garis [15]. Algoritma *gamma filter* ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$\hat{I}^3 - \bar{I}^2 + \sigma(\hat{I} - DN) = 0 \quad (2.1)$$

Dimana:

- $\hat{I}$ = nilai yang dicari
- $\bar{I}$ = *mean* lokal
- DN = nilai yang dimasukkan
- σ = varian citra asli

3. Lee Filter

Filter lee merupakan *filter* yang didasarkan pada asumsi bahwa *mean* dan *varians* dari suatu piksel sama dengan *mean* dan *varians* lokal dari semua piksel dalam pemindahan yang dipilih oleh pengguna [16]. Perhitungan *filter lee* menghasilkan nilai *output* yang dekat dengan nilai *input* asli lebih tinggi daerah kontras dan nilai yang dekat dengan nilai rata-rata lokal untuk wilayah yang seragam. Algoritma *lee filter* ini dapat beroperasi dengan baik pada lapisan minyak yang linier dan menjaga ketajaman dan detail citra ketika mereduksi *noise*. Algoritma *lee filter* ditunjukkan pada persamaan 2.2.

$$DN_{\text{keluar}} = [Mean] + K[DN_{\text{masuk}} - Mean] \quad (2.2)$$

Dimana:

DN = *digital number*

Mean = rata-rata piksel pada jendela

K = *normalization constant*

2.3.4 Koreksi Geometrik

Geometrik merupakan posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (*spatial distribution*). Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung didalamnya. Koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi [17]. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran objek di permukaan bumi yang terekam sensor. Pengubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil transformasi ini. Tahap ini diterapkan pada citra digital mentah (langsung hasil perekaman satelit), dan merupakan koreksi kesalahan geometrik sistematis.

Koreksi geometrik meliputi koreksi terhadap pembelokan (*distorsi*) geometris sehubungan dengan adanya rotasi bumi dan kondisi perekaman lain atau sensor, misalnya adanya variasi geometris bumi (*Earth Geometry variations*) dan perekaman dilakukan pada posisi miring (*oblique viewing*). Koreksi juga dilakukan untuk perubahan data menjadi koordinat asli bumi (seperti garis lintang dan garis bujur) pada permukaan bumi.

2.3.5 *Masking*

Masking merupakan tahapan yang diaplikasikan untuk pencegahan *processing* pada wilayah daratan agar berfokus pada wilayah perairan. Pada pengolahan ini, beberapa piksel pada daratan diubah menjadi nilai kosong (*null*). Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan interpretasi dalam pendeteksian lapisan tumpahan minyak [9].

2.3.6 Deteksi Tumpahan Minyak

Pada *processing* citra, terdapat dua jenis piksel yang tidak dianalisa yaitu piksel dengan nilai *null* (daratan), dan piksel di luar daerah sensor pada citra (area sekelilingnya hitam). Estimasi kecepatan angin dan sudut datang diekstraksi berdasarkan piksel. Informasi angin digunakan untuk memilih fungsi *adaptive threshold*. Kemudian, sudut datang digunakan sebagai masukan pada fungsi yang terpilih untuk mendapatkan intensitas *threshold* dengan menampilkan nilai maksimum yang mengidentifikasi minyak pada daerah yang tercakup oleh sudut tersebut. Untuk menghindari pemisahan nilai intensitas rendah, intensitas piksel dihitung menggunakan rata-rata *level* pertama lingkungan (berat pada analisa piksel berlipat terhadap lingkungan tersebut). Perhitungan nilai *threshold* dibandingkan terhadap rata-rata intensitas. Jika kemudian sama atau lebih rendah dari pembentuknya, maka piksel dijadikan sebagai calon tumpahan minyak, dan sebaliknya yaitu perairan yang bersih [9].

2.4 Sentinel-1A

Sentinel-1 merupakan misi satelit kerjasama *European Commission* (EC) dan *European Space Agency* (ESA). Sentinel-1 merupakan salah satu contoh dari penerapan *Synthetic Aperture Radar* (SAR) yang merupakan teknologi penginderaan jauh aktif yang sensornya menyediakan energi atau cahayanya sendiri. Satelit ini bekerja pada *band C*, mempunyai 4 mode pencitraan dengan berbagai resolusi spasial hingga 5 meter dan cakupan sampai 400 km. Satelit tersebut memiliki kemampuan dual polarisasi, waktu perulangan yang sangat pendek dan penyediaan produk dengan cepat. Pada setiap perekaman data, pada Sentinel-1 tersedia pengukuran yang tepat untuk posisi dan *attitude* satelit. Misi Sentinel adalah konstelasi dari 2 satelit, yaitu Sentinel-1A dan Sentinel-1B. Sentinel-1 didisain untuk bekerja secara terprogram sebelumnya, mode operasi non-konflik, mengamati seluruh daratan, pesisir, dan rute kapal dengan resolusi yang tinggi, dan mencakup lautan secara global. Hal ini memungkinkan kehandalan secara operasional dan konsistensi arsip data jangka panjang untuk berbagai aplikasi [5].

Satelit Sentinel-1 sendiri terdiri atas Sentinel-1A dan Sentinel-1B. Sentinel-1A diluncurkan pada tanggal 3 April 2014, sedangkan sentinel-1B diluncurkan pada tanggal 25 April 2016. Misi Sentinel-1 adalah konstelasi dari 2 satelit, yaitu sentinel-1A dan sentinel-1B.

Satelit Sentinel-1 memiliki beberapa ciri khas yakni sebagai berikut:

- a. Satelit Sentinel-1 memiliki tujuan untuk aplikasi berikut:
 1. Pemantauan lahan hutan, air, tanah dan pertanian
 2. Dukungan pemetaan darurat jika terjadi bencana alam
 3. Pengamatan es laut dan pemantauan gunung es
 4. Produksi grafik es resolusi tinggi
 5. Peramalan kondisi es di laut
 6. Memetakan tumpahan minyak
 7. Deteksi kapal laut
 8. Pemantauan perubahan iklim

- b. Untuk ciri orbit satelit Sentinel-1 sendiri adalah:
1. Tipe orbit : *Sun-synchronous, near-polar, circular orbit*
 2. Tinggi orbit : 693 km
 3. Sudut inklinasi 98,18°
 4. 12 hari *repeat cycle* di equator untuk tiap satelit, *175 orbit/cycle*
- c. Mode pencitraan, lebar sapuan dan resolusi:
1. *Strip Map Mode*: 80 km *swath*, resolusi spasial 5 x 5 m
 2. *Interferometric Wide Swath*: 250 km *swath*, resolusi spasial 5 x 20 m
 3. *Extra-wide swath*: 400 km *swath*, resolusi spasial 20 x 100 m
 4. *Wave-Mode*: 20 x 20 km, resolusi spasial 5 x 20 m
- d. Produk data, terdiri atas:
1. *Level-0 Raw*
 2. *Level-1 Single Look Complex*
 3. *Level-1 Ground Range Detected*
 4. *Level-2 Ocean*

Dalam penelitian ini digunakan citra Sentinel-1A akuisisi mode *Interferometric Wide Swath* (IW) Produk *Ground Range Detected* (GRD). Karakteristik akuisisi mode IW Sentinel-1A dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik Sentinel-1A mode perekaman IW

No	Parameter	<i>Interferometric Wide Swath Mode (IW)</i>
1	<i>Polarisation</i>	Dual (HH+HV, VV+VH)
2	<i>Access (Incidence Angle)</i>	31° – 46°
3	<i>Azimuth Resolution</i>	20 m
4	<i>Ground Range Resolution</i>	5 m
5	<i>Azimuth and Range Look</i>	<i>Single</i>
6	<i>Swath</i>	250 km
7	<i>Maximum noise – equivalent sigma zero (NESZ)</i>	-22 dB
8	<i>Radiometric Stability</i>	0.5 dB (3 σ)
9	<i>Radiometric Accuracy</i>	1 dB (3 σ)
10	<i>Phase error</i>	5°

(Sumber: Putri dkk, 2018)

2.5 Konsep Deteksi Tumpahan Minyak Dengan Radar

Citra satelit yang umumnya digunakan untuk mendeteksi tumpahan minyak adalah citra RADAR atau SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Citra RADAR memiliki beberapa keunggulan dibandingkan citra optis dari sensor pasif seperti kemampuan citra RADAR untuk melakukan akuisisi data secara independen dari kondisi cuaca dan kemampuan akuisisi pada siang maupun malam hari. Di wilayah tropis seperti Indonesia, citra RADAR merupakan alternatif yang sangat berperan signifikan dalam penyediaan data observasi yang dapat menembus awan. Konsep dasar untuk mendeteksi tumpahan minyak di perairan pada citra RADAR berkaitan erat dengan dinamika laut dan mekanisme penghamburan sinyal radar (*backscattering*). Sinyal RADAR dihamburkan oleh permukaan laut yang terdiri dari gelombang-gelombang yang disebut *capillary waves* dan *gravity waves* [18]. Kedua jenis gelombang tersebut terbentuk karena adanya interaksi antara massa air dengan angin.

Thorpe (2009) menyebutkan bahwa diperlukan angin dengan kecepatan antara minimal 1-2 m/s untuk membentuk *capillary waves* [19].

Keberadaan tumpahan minyak mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan laut. Tumpahan minyak akan menindih *capillary waves* atau *gravity waves* dan mengurangi tingkat kekasaran permukaan laut. Dengan permukaan yang relatif lebih rata dibandingkan sekitarnya, area dengan tumpahan minyak tersebut akan memiliki hamburan balik (*backscatter*) yang lebih rendah. *Backscatter* yang rendah tersebut akan tampak gelap pada citra RADAR. Namun demikian, area gelap di perairan pada citra RADAR tidak selalu mengindikasikan keberadaan tumpahan minyak. Area gelap yang menyerupai tumpahan minyak disebut sebagai *look-alike* dan merupakan tantangan utama dalam deteksi minyak pada citra RADAR. Deteksi tumpahan minyak pada citra RADAR dibatasi oleh kecepatan angin saat akuisisi citra. Pada kecepatan angin yang rendah, *backscatter* tidak terjadi karena tidak terbentuknya *capillary waves* atau *gravity waves*, sehingga tampak area gelap yang dapat menyerupai tumpahan minyak. Di sisi lain, pada kecepatan angin yang tinggi, tumpahan minyak pada permukaan laut akan bercampur dengan air laut dan tenggelam ke dalam kolom air sehingga tidak terdeteksi pada citra RADAR. Disebutkan bahwa deteksi tumpahan minyak pada citra RADAR dapat dilakukan dengan kecepatan angin berkisar antara 2-14 m/s [6].

2.6 Adaptive Threshold

Proses *thresholding* atau disebut juga pengambangan adalah proses yang menghasilkan sebuah citra yang mempunyai dua nilai pada tingkat keabuan, hitam dan putih yang disebut dengan biner [20]. Proses pengambangan dari suatu citra *grayscale* untuk menghasilkan citra biner umumnya adalah sebagai berikut.

$$G(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2.3)$$

$G(x,y)$ menyatakan citra biner dari *grayscale* $f(x,y)$, T menyatakan nilai ambang (*threshold*). Nilai T memiliki peranan yang sangat penting pada proses *thresholding* dan sangat mempengaruhi kualitas citra biner yang dihasilkan.

Threshold adaptive biasanya mengambil *grayscale* atau gambar berwarna sebagai input dan dalam implementasi paling sederhana menampilkan citra biner yang mewakili segmentasi. Untuk setiap piksel pada gambar, *threshold* (ambang batas) harus dihitung. Jika nilai piksel di bawah ambang batas maka nilai tersebut ditetapkan sebagai nilai *background* dan jika nilai piksel di atas ambang batas maka akan diasumsikan sebagai nilai *foreground*.

Terdapat dua pendekatan untuk menentukan nilai *threshold*, yaitu *the chow and kaneko approach* serta *local threshold*. Asumsi dibalik kedua metode tersebut adalah bahwa daerah gambar yang lebih kecil cenderung memiliki pencahayaan yang kurang lebih sama, sehingga lebih cocok untuk *thresholding*. Pendekatan alternatif untuk menemukan *local threshold* adalah dengan menguji secara statistik nilai-nilai intensitas lingkungan lokal setiap piksel. Statistik yang paling sesuai sangat tergantung pada gambar input. Dimana statistik yang dapat digunakan ada 3 yaitu *mean*, *median* dan rata-rata dari nilai minimum dan maksimum intensitas lokal.

$$T = \text{Mean}$$

$$T = \text{Median}$$

$$T = \frac{\text{Max} + \text{Min}}{2} \tag{2.4}$$

Intesitas piksel pada citra SAR dapat digunakan untuk membagi *oil spill* dari citra. Dalam hal tersebut, terdapat hubungan berbanding terbalik antara nilai intensitas dan sudut datang (*Incidence Angle*). Piksel area laut yang bersih dengan sudut datang dan berada pada kondisi lingkungan yang sama memiliki nilai intensitas yang sama. Sedangkan piksel dengan nilai intensitas rendah dapat diduga sebagai tumpahan minyak. Dalam *adaptive threshold*, diketahui

bahwa nilai dibentuk dari sudut datang dan kondisi lingkungan untuk setiap piksel pada citra dan untuk identifikasi dugaan tumpahan minyak. Adapun bagian piksel dari tumpahan minyak diklusterisasi berdasarkan sudut datang. Nilai intensitas maksimum di bawah rata-rata ditambah standar deviasi yang sesuai digunakan untuk membangun *adaptive threshold*. Sedangkan batas nilai berfungsi untuk menyeleksi daerah yang bukan merupakan tumpahan minyak.

Pada deteksi tumpahan minyak penerapan *adaptive threshold* melalui tahapan awal yaitu tingkat *backscatter* rata-rata lokal diperkirakan menggunakan piksel dalam ukuran *window* yang luas, sehingga dalam implementasi perlu ditetapkan ukuran *background window*, kemudian tahap berikutnya *threshold* pendeteksian ditetapkan sebesar k desibel di bawah perkiraan tingkat *backscatter* rata-rata lokal. Maka piksel dalam *window* dengan nilai lebih rendah dari *threshold* terdeteksi sebagai *dark spot* (tumpahan minyak). K atau *Threshold Shift* adalah parameter yang dipilih dalam penelitian ini. *Threshold shift* yang digunakan mengacu pada hasil penelitian Solberg dkk (2007). Tahap akhir adalah *oil spill clustering* yaitu mengeliminasi *cluster* piksel dengan dimensi sesuai luas minimum yang digunakan.

2.7 Parameter Deteksi Tumpahan Minyak

Parameter yang digunakan pada penelitian adalah kecepatan dan arah angin. Angin merupakan fenomena yang terjadi akibat adanya perpindahan massa udara dari tempat yang memiliki tekanan tinggi menuju tempat yang memiliki tekanan lebih rendah hingga tercapai keseimbangan [21]. Kecepatan dan arah angin di atmosfer merupakan hasil dari ketidakmerataan distribusi dari penyinaran matahari dan karakteristik lempeng benua serta sirkulasi angin pada lapisan vertikal atmosfer [22]. Gerak angin dengan konstan pada kecepatan tertentu dan pada wilayah yang sama di perairan dapat menyebabkan gelombang.

Pola angin yang sangat berperan di Indonesia adalah angin muson. Muson barat atau musim angin baratan adalah angin yang berhembus dari Benua Asia (musim dingin) ke Benua Australia (musim panas) dan mengandung curah hujan yang banyak di Indonesia bagian Barat. Hal ini disebabkan karena angin melewati tempat yang luas, seperti perairan dan samudra. Angin ini terjadi antara bulan Oktober sampai bulan April.

Angin muson timur atau musim angin timuran adalah angin yang mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas) sedikit curah hujan (kemarau) di Indonesia bagian Timur karena angin melewati celah-celah sempit dan berbagai gurun (Gibson, Australia Besar, dan Victoria). Angin ini terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, dan maksimal pada bulan Juli.

Data angin yang digunakan pada penelitian ini adalah data angin harian dengan resolusi spasial $0,125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$. Data angin ini nantinya akan divisualisasikan atau diolah melalui perangkat lunak Wxplot yang nantinya akan menghasilkan mawar angin yang mengandung informasi kecepatan dan arah angin bertiup. Arah dan kecepatam angin dari hasil pengolahan ini nantinya akan dijadikan validator untuk arah persebaran tumpahan minyak yang terjadi.

2.8 Tumpahan Minyak

2.8.1 Komponen Minyak

Minyak bumi atau minyak mentah (*crude oil*) merupakan campuran yang kompleks dari senyawaan kimia, yang terdiri dari unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), sulfur (S), oksigen (O), nitrogen (N) dan logam (Cu, Fe, Ni dan lain-lain) [23]. Senyawa yang hanya terdiri dari unsur karbon dan hidrogen dikelompokkan sebagai senyawaan hidrokarbon. Senyawaan hidrokarbon diklasifikasikan atas hidrokarbon parain, olein, naften dan aromatik. Sedangkan senyawaan campuran

antara unsur karbon, hidrogen dan salah satu unsur atau lebih dari sulfur, oksigen, nitrogen dan logam dikelompokkan sebagai senyawaan non-hidrokarbon [24].

2.8.2 Karakteristik Minyak

Minyak bumi merupakan bahan tambang yang terdapat di dalam perut bumi, komposisinya berupa senyawaan kimia terdiri dari komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon [25]. Minyak bumi memiliki warna dari coklat kehitam-hitaman sampai hitam pekat dalam bentuk cair dan terdapat gas-gas yang terlarut di dalamnya dengan *specific gravity* berkisar antara 0,8000 sampai 1,0000.

Minyak mentah (*crude oil*) yang baru keluar dari sumur eksplorasi mengandung berbagai jenis bahan kimia, baik dalam bentuk gas, cair maupun padatan. Sebagian besar dari komponen bahan kimia tersebut berupa hidrokarbon dengan persentase 50-98%, sedangkan sisanya merupakan komponen non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon terbentuk dari hidrogen dan karbon yang merupakan komponen utama pada minyak bumi. Susunan atom karbon dapat membentuk rantai lurus dan rantai cabang (*alifatik*), rantai siklik (*alisiklik*) dan rantai aromatik [26].

2.8.3 Sumber Tumpahan Minyak

Terjadinya pencemaran perairan laut, salah satunya disebabkan oleh tumpahan minyak. Tumpahan minyak dapat mempengaruhi seluruh ekosistem laut dalam jangka waktu pendek maupun panjang. Terjadinya tumpahan minyak di laut dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

a. Operasi kapal tanker

Masukan polutan dari pengoperasian kapal tanker terjadi pada proses pembuangan air ballast (*deballasting*). Air ballast adalah air laut yang dihisap oleh pompa ke dalam tangki ballast kapal yang digunakan untuk menjaga stabilitas kapal selama pelayaran.

Tangki kapal yang terisi air ballast merupakan tangki kosong yang sebelumnya berisi minyak mentah. Air ballast tersebut harus dibuang kembali ke laut ketika tangki akan diisi kembali dengan minyak. Tidak dapat disangkal buangan air yang dipompakan ke laut masih mengandung minyak dan ini akan berakibat pada pencemaran laut tempat terjadi bongkar muat kapal tanker [1].

b. Eksplorasi lepas pantai

Sumber pencemaran minyak yang berasal dari eksplorasi lepas pantai cenderung kecil jika dibandingkan dengan jumlah total minyak yang masuk ke lingkungan laut. Namun, jika terjadi kecelakaan tertentu seperti semburan sumur minyak (*well blow-out*), kerusakan struktur *platform*, maupun kerusakan peralatan, maka sejumlah besar minyak dipastikan akan mencemari laut [27].

c. Perbaikan dan perawatan kapal (*docking*)

Docking atau perawatan juga merupakan sumber minyak dari transportasi laut. Pada proses *docking* semua sisa bahan bakar yang ada dalam tangki harus dikosongkan untuk mencegah terjadinya ledakan dan kebakaran. Berdasarkan aturan yang ada, semua galangan kapal harus dilengkapi dengan tangki penampung limbah. Namun, pada kenyataannya banyak galangan kapal yang tidak memiliki fasilitas tersebut sehingga buangan minyak harus dipompa ke laut [1].

d. Terminal bongkar muat tengah laut

Proses bongkar muat kapal tanker tidak hanya dilakukan di pelabuhan saja, namun banyak pula dilakukan di tengah laut. Proses bongkar muat di terminal laut ini banyak menimbulkan resiko kecelakaan seperti pipa yang pecah, bocor maupun kecelakaan karena kesalahan manusia (*human error*) [28].

e. Bilga dan tangki bahan bakar

Bilga adalah saluran buangan air, minyak, dan pelumas hasil proses mesin yang merupakan limbah. Aturan Internasional mengatur bahwa buangan air bilga sebelum dipompakan ke laut harus masuk terlebih dahulu ke dalam separator. Separator adalah pemisah antara minyak dan air. Namun pada kenyataannya banyak buangan bilga *illegal* yang tidak memenuhi aturan Internasional dibuang langsung ke laut yang menyebabkan terjadinya pencemaran [28].

f. *Scrapping* kapal

Proses *scrapping* kapal (pemotongan badan kapal untuk menjadi besi tua) ini banyak dilakukan di industri kapal di India dan Asia Tenggara termasuk Indonesia. Akibat proses ini banyak kandungan metal dan lainnya termasuk kandungan minyak yang terbuang ke laut. Diperkirakan sekitar 1.500 ton/tahun minyak yang terbuang ke laut akibat proses ini yang menyebabkan kerusakan lingkungan setempat [28].

g. Sumber darat

Input polutan yang berasal dari darat bersumber dari berbagai aktivitas manusia, seperti pemakaian minyak untuk keperluan industri, limbah rumah tangga, kegiatan perbengkelan, kilang minyak, *run off* dari daerah perkotaan, maupun hasil pembakaran hidrokarbon di atmosfer yang terbawa oleh hujan. Limbah minyak tersebut terbawa oleh sistem saluran air yang menuju ke sungai dan bermuara ke laut. Apabila diakumulasi, jumlah limpasan minyak yang berasal dari darat menjadi sumber utama polutan minyak yang masuk ke kawasan pesisir dan laut [26].

h. Sumber alami

Laut merupakan tempat dimana minyak bumi secara alami akan menyembur ke permukaan bumi di dasar laut dan merembes masuk ke perairan. Sumber polutan ini merupakan fenomena alami, meskipun total masukan polutan yang berasal dari rembesan tersebut kemungkinan jumlahnya dua kali lebih besar dari pada masukan polutan dari kecelakaan tanker [26].

2.8.4 Perilaku Minyak di Laut

Minyak yang masuk ke dalam lingkungan laut akan mengalami berbagai proses, baik secara fisika maupun secara kimia. Proses-proses tersebut antara lain membentuk lapisan (*slick formation*), menyebar (*dissolution*), menguap (*evaporation*), emulsifikasi (*emulsification*), minyak dalam air (*oil in water emulsions*), fotooksidasi (*photooxidation*), biodegradasi mikroba (*microbial biodegradation*), sedimentasi (*sedimentation*), dicerna oleh plankton (*plankton ingestion*), dan bentukan gumpalan ter (*tur lump formation*). Semua proses tersebut secara kolektif disebut dengan *weathering of oil* [27].

Penyebaran, penguapan, dispersi, emulsifikasi, dan pelarutan adalah proses-proses penting selama tahap awal tumpahan. Sementara oksidasi, sedimentasi, dan biodegradasi adalah proses *weathering* jangka panjang yang akan membantu proses penguraian minyak. Berdasarkan kekekalannya (*persistent*) tumpahan minyak dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu tumpahan minyak yang tidak kekal (*nonpersistent*) dan tumpahan minyak yang kekal (*persistent*) [29]. Tumpahan minyak *non-persistent* akan berangsur-angsur menghilang dari permukaan laut akibat adanya proses fisika-kimia, sedangkan tumpahan minyak yang kekal (*persistent*) akan menyebar secara perlahan sehingga mencemari lingkungan laut.

2.9 Penggunaan SIG Untuk Peta

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu alat yang dapat mendukung penetapan keputusan dalam semua fase siklus bencana. Dengan kata lain adalah suatu kata yang menjelaskan tentang semua jenis item dari data yang hendaknya mempunyai tingkat keakuratan yang tinggi terhadap suatu lokasi atau dapat diukur dalam hal koordinat geografis [30]. Pengetahuan mengenai sistem informasi geografis sangat diperlukan untuk mendukung teknik membuat peta. Sistem Informasi Geografis dapat dimanfaatkan untuk mempermudah dalam mendapatkan data-data yang telah diolah dan tersimpan sebagai atribut suatu lokasi atau obyek. Data-data yang diolah dalam SIG pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital. Sistem ini merelasikan data spasial (lokasi geografis) dengan data non spasial, sehingga para penggunanya dapat membuat peta dan menganalisa informasinya dengan berbagai cara [31].

SIG merupakan alat yang handal untuk menangani data spasial, dimana dalam SIG data dipelihara dalam bentuk digital sehingga data ini lebih padat dibanding dalam bentuk peta cetak, *tabel*, atau dalam bentuk konvensional lainnya yang akhirnya akan mempercepat pekerjaan dan meringankan biaya yang diperlukan. Beberapa alasan yang mendasari penggunaan SIG menurut Anon adalah:

1. SIG menggunakan data spasial maupun atribut secara terintegrasi
2. SIG dapat memisahkan antara bentuk presentasi dan basis data
3. SIG memiliki kemampuan menguraikan unsur-unsur yang ada dipermukaan bumi ke dalam beberapa layer atau *coverage* data spasial
4. SIG memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memvisualisasikan data spasial berikut atributnya
5. Semua operasi SIG dapat dilakukan secara interaktif
6. SIG dengan mudah menghasilkan peta -peta tematik
7. SIG sangat membantu pekerjaan yang erat kaitanya dengan
8. bidang spasial dan geoinformatika

Posisi SIG dengan segala kelebihanannya, semakin lama semakin berkembang bertambah dan bervariasi. Pemanfaatan GIS semakin meluas meliputi pelbagai disiplin ilmu, seperti ilmu kesehatan, ilmu ekonomi, ilmu lingkungan, ilmu pertanian, militer dan lain sebagainya.

2.10 Analisis Statistik Korelasi

Secara umum, analisis korelasi adalah metode statistik yang digunakan untuk mengetahui dan mengukur bagaimana hubungan antara 2 variabel. Besaran nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga 1. Dimana bila koefisien bernilai -1 artinya korelasi memiliki hubungan linear negatif sempurna begitu juga sebaliknya. Adapun penjelasan besar nilai koefisien korelasi adalah sebagai berikut.

1. 00 – 0,19 = korelasi antar variabel sangat lemah
2. 0,2 – 0,39 = korelasi antar variabel lemah
3. 0,4 – 0,59 = korelasi antar variabel cukup kuat
4. 0,6 – 0,79 = korelasi antar variabel kuat
5. 0,8 – 1,00 = korelasi antar variabel sangat kuat

Secara umum, ada dua metode yang bisa digunakan dalam pengukuran korelasi yaitu koefisien korelasi pearson dan koefisien korelasi spearman. Dalam penelitian ini digunakan metode koefisien korelasi pearson. Korelasi person merupakan salah satu ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear dari dua variabel. Formula yang digunakan pada metode ini adalah:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x \sum y)}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right) \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right)}} \quad (2.5)$$

Dimana:

r = koefisien korelasi r pearson n = jumlah sampel
x = variabel pertama y = variabel kedua