

2. DASAR TEORI

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai atau disingkat DAS dirangkum dalam Purnama (2008) mengartikan DAS sebagai suatu daerah yang mengalirkan air ke sebuah sungai, pengaliran ini berupa air tanah (*ground water*) atau air permukaan (*surface water*) atau pengaliran yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Menurut UU no.7 tahun 2004 tentang sumber daya air juga memberikan definisi “daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan”.

Dengan demikian menurut Purnama (2008) secara makro, DAS terdiri dari unsur biotik (flora dan fauna), abiotik (tanah, air, dan iklim), dan manusia, dimana ketiganya saling berinteraksi dan saling ketergantungan membentuk suatu sistem hidrologi. DAS merupakan ekosistem, dimana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan didalamnya terdapat keseimbangan *inflow* dan *outflow* dari material dan energi. Selain itu pengelolaan DAS dapat disebutkan merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan sumber daya alam (SDA) yang secara umum untuk mencapai tujuan peningkatan produksi pertanian dan kehutanan yang optimum dan berkelanjutan dengan upaya menekan kerusakan seminimum mungkin agar distribusi aliran air sungai yang berasal dari DAS dapat merata sepanjang tahun.

2.2 Banjir

Banjir memiliki dua arti menurut Martha (2011) yaitu meluapnya air sungai yang disebabkan oleh debitnya yang melebihi daya tampung sungai pada keadaan curah hujan yang tinggi dan arti kedua adalah banjir merupakan bahaya pada daerah datar yang biasanya tidak tergenang.

2.2.1. Faktor Penyebab Banjir

Faktor penyebab terjadi banjir menurut Mahfuz et al. (2016) mengklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu banjir alami dan banjir oleh tindakan manusia. Banjir akibat alami disebabkan oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh air pasang. Untuk banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan seperti perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman di sekitar bantaran, rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan dan perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat.

2.2.2. Daerah Rawan banjir

Kawasan rawan banjir merupakan pengelompokan kawasan yang sering atau berpotensi tinggi mengalami bencana banjir, sesuai dengan karakteristik penyebab banjir. Adapun kawasan rawan bencana banjir menurut Martha (2011) dibagi menjadi 4 kawasan, yaitu:

a. **Daerah Pesisir Pantai**

Daerah pesisir pantai merupakan daerah yang rawan banjir. Hal tersebut dikarenakan daerah pesisir merupakan dataran rendah yang elevasi permukaan tanahnya lebih rendah atau sama dengan elevasi air laut pasang rata-rata/*Mean Sea Level (MSL)* dan tempat bermuaranya sungai.

b. **Daerah Dataran Banjir**

Daerah dataran banjir adalah daerah dataran rendah di sisi sungai yang memiliki elevasi sangat landai dan relatif datar. Aliran air menuju sungai yang lambat akibat dataran banjir ini, mengakibatkan daerah tersebut rawan terhadap banjir baik oleh luapan air sungai maupun karena hujan lokal. Bencana banjir umumnya terjadi terutama pada daerah yang dilalui sungai besar dengan debit banjir yang besar.

c. **Daerah Sempadan Sungai**

Daerah ini merupakan daerah rawan banjir, namun daerah ini sering dimanfaatkan sebagai tempat hunian dan kegiatan usaha. Akibatnya,

apabila terjadi banjir akan menimbulkan dampak bencana yang membahayakan jiwa dan harta benda.

d. **Daerah Cekungan**

Daerah cekungan merupakan daerah yang relatif cukup luas baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi (hulu sungai). Daerah cekungan dapat menjadi daerah rawan bencana banjir, bila penataan kawasan atau ruang tidak terkendali dan mempunyai sistem drainase yang kurang memadai.

2.3. Erosi dan Sedimentasi

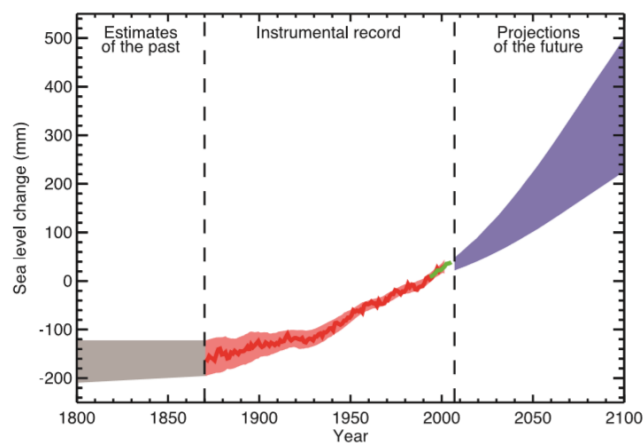
Definisi erosi menurut Rantung (2013) adalah peristiwa berpindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah pada suatu tempat terkikis dan terangkut yang kemudian diendapkan ditempat lain. Pengikisan dan pengangkutan tanah tersebut terjadi oleh media alami, yaitu air dan angin. Di daerah beriklim basah erosi oleh air yang lebih penting, sedangkan erosi oleh angin tidak begitu berarti. Proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi tiga tahap yang terjadi dalam keadaan normal di lapangan, yaitu tahap pertama pemecahan bongkah-bongkah atau agregat tanah kedalam bentuk butir-butir kecil atau partikel tanah, tahap kedua pemindahan atau pengangkutan butir-butir yang kecil sampai sangat halus tersebut, dan tahap ketiga pengendapan partikel-partikel tersebut di tempat yang lebih rendah atau di dasar sungai atau waduk. Tanah yang terangkut tersebut akan terbawa masuk sumber air yang dinamai sedimen, dimana sedimen ini akan diendapkan di tempat yang aliran airnya melambat seperti di sungai, waduk, danau, reservoir, saluran irigasi dan sebagainya.

Tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dan masuk ke dalam suatu badan air secara umum disebut dengan sedimen. Auliyani (2017) juga menambahkan bahwa rendahnya tingkat sedimentasi sungai merupakan salah satu indikator keberhasilan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS). Dampak dari proses sedimentasi di sungai adalah terjadinya pengendapan sedimen di dasar sungai

yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadi banjir yang menimpa lahan yang tidak dilindungi. Erosi tanah tidak hanya berpengaruh negatif pada lahan dimana terjadi erosi, tetapi juga di daerah hilirnya dimana material sedimen diendapkan. Banyak bangunan-bangunan sipil di daerah hilir akan terganggu, saluran-saluran, jalur navigasi air, waduk-waduk akan mengalami pengendapan sedimen. Disamping itu kandungan sedimen yang tinggi pada air sungai juga akan merugikan pada penyediaan air bersih yang bersumber dari air permukaan, biaya pengelolaan akan menjadi lebih mahal (Rantung, 2013).

2.4. Banjir Rob/Banjir Karena Kenaikan Muka Air Laut

Permukaan laut global akan meningkat selama abad ke-21 pada tingkat yang lebih besar, berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) mengenai *Special Report on Emission Scenarios* (SRES) skenario A1B pada pertengahan 2090-an, permukaan laut global mencapai 0,22 hingga 0,44 m di atas 1990 dan meningkat sekitar 4 mm/tahun. Ekspansi termal berkontribusi lebih dari setengah dari kenaikan air laut, akan tetapi gletser yang meleleh akan meningkat drastis seiring berjalannya abad. Gambar 2.1 menunjukkan evolusi permukaan air laut rata rata di tahun 1800 hingga 2100 abad ke-21 merupakan skenario SRES A1B.



Gambar 2.1. Grafik kenaikan muka air laut berdasarkan (SRES) skenario A1B (IPCC, 2007)

Warna abu-abu menunjukkan ketidakpastian dalam estimasi jangka panjang kenaikan muka air laut, warna merah adalah rekonstruksi rata-rata permukaan air laut global dari alat ukur pasang surut dan bayangan merah menunjukkan kisaran variasi dari kurva yang halus. Garis hijau menunjukkan rata-rata permukaan air laut global hasil dari satelit altimetri. Warna ungu merupakan kisaran hasil model untuk skenario SRES A1B untuk abad ke-21. Selama berabad-abad atau lebih ribuan tahun, permukaan laut dapat naik beberapa meter.

Seperti yang dirangkum dalam King (2008) dengan menganggap apabila tidak ada respon manusia terhadap kenaikan muka air laut, maka kenaikan satu meter dari permukaan laut akan menyebabkan sekitar 2.165 Km² luas tanah di Belanda hilang dan 13.900 Km² tanah di Jerman hilang, sementara di Afrika Barat seperti Nigeria 18.000 Km² tanah akan terjadi penggenangan di daerah pesisir, sementara itu di Asia skenario kenaikan muka air laut satu meter tanah seluas 29.846 Km² di Bangladesh hilang, sedangkan untuk Indonesia skenario 60 cm kenaikan muka air laut saja dapat menyebabkan penggenangan tanah seluas 34.000 Km². Data kehilangan tanah karena kenaikan muka air laut tidak berubah-ubah, wilayah di dunia ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kehilangan Tanah Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Berbagai Wilayah di Dunia (King, 2008)

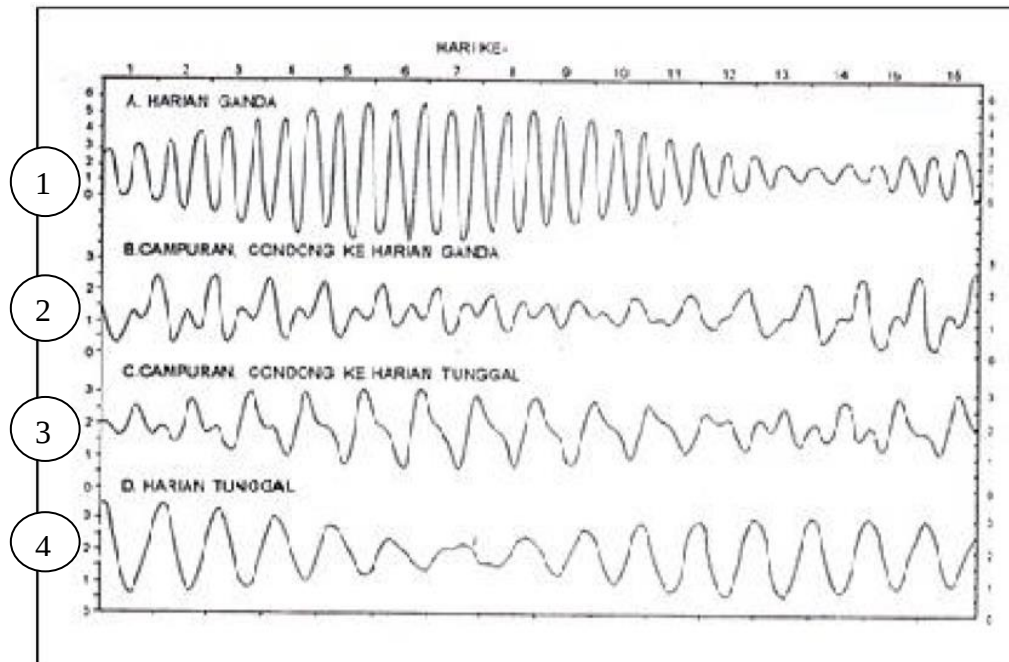
Negara	SLR skenario(cm)	<i>Land loss</i>	
		Km ²	%
Eropa			
Belanda	100	2.165	6,7
Jerman	100	13.900	3,9
Polandia	100	1.700	0,5
Afrika			
Barat			
Senegal	100	6.000	3,1
Nigeria	100	18.000	2,0
Benin	100	230	0,2
Asia			
Bangladesh	100	29.846	20,7
India	100	5.763	0,4
Indonesia	60	34.000	1,9
Malaysia	100	7.000	2,1
Pakistan	200	1.700	0,2
Vietnam	100	40.000	12,1

2.5. Teori Pasang Surut Ekstrim

Pasang surut atau pasut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun masa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari.

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe (Ahmad et al., 2017):

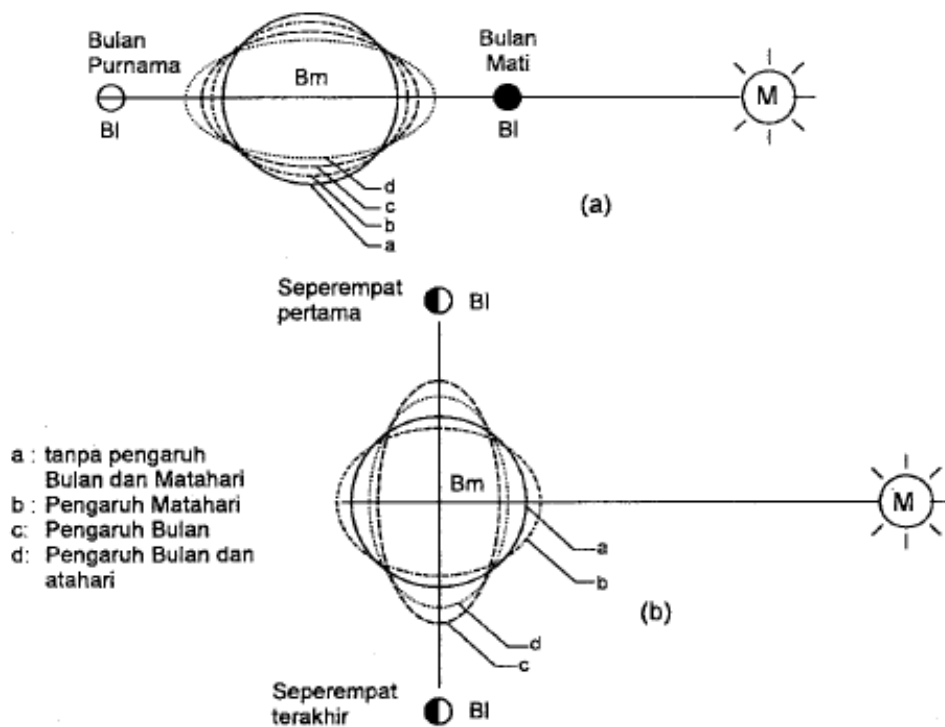
1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*). Dalam satu hari terjadi dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama, dapat dilihat pada Gambar 2.2(a)
2. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*). Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda, dapat dilihat pada Gambar 2.2(b).
3. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode sangat berbeda, dapat dilihat pada Gambar 2.2 (c).
4. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*). Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan tinggi yang hampir sama, dapat dilihat pada Gambar 2.2 (d).



Gambar 2.2. Tipe pasang surut (Ahmad et al., 2017)

Jenis pasang surut akibat pengaruh bulan dan matahari terhadap bumi ada dua, yaitu (Triatmodjo, 1999):

1. Pasang purnama (*spring tide*) terjadi ketika bumi, bulan, matahari kira-kira berada pada satu garis lurus, sehingga gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi saling memperkuat. Dalam keadaan ini terjadi tinggi pasang surut sangat besar dibanding hari-hari lain, yaitu sekitar tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama), dapat dilihat pada Gambar 2.3 (a).
2. Pasang perbani (*neap tide*) terjadi ketika bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi saling mengurangi. Dalam keadaan ini tinggi pasang surut kecil dibanding hari-hari lain, yaitu sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat dan tiga perempat revolusi bulan terhadap bumi), dapat dilihat pada Gambar 2.3 (b).



Gambar 2.3. Kedudukan bumi, bulan, matahari saat pasang purnama (a) dan pasang perbani (b) (Triatmodjo, 1999)

Elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan (Triatmodjo, 1999). Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*High Water Level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*Low Water Level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*Mean High Water Level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*Mean Low Water Level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*Mean Sea Level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.

6. Muka air tinggi tertinggi (*Highest High Water Level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*Lowest Low Water Level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

2.6. Tinggi Gelombang

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Proses ini terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan dari atmosfer khususnya angin, gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa yaitu bulan dan matahari, gaya coriolis akibat rotasi bumi dan tegangan permukaan (Hafli, 2014).

Peramalan gelombang dimaksudkan untuk mentransformasi data angin di darat menjadi gelombang. Data angin yang sering digunakan untuk peramalan gelombang dalam proses perencanaan konstruksi bangunan pantai. Kecepatan angin di ukur dengan anemometer dan biasanya dinyatakan dalam Knot. Kecepatan angin dan distribusi arah tiupan angin dominan digambarkan pada mawar angin atau wind rose (Triatmodjo, 1999).

Hasil dari persentase arah tiupan angin yang dominan akan digunakan untuk perencanaan gelombang rencana. Berhubung data angin yang diperoleh data angin pengukuran di darat, maka data angin ini harus di ubah menjadi data angin di laut yang selanjutnya akan digunakan sebagai analisa peramalan gelombang. Konversi data angin di laut (UW) menjadi kecepatan seret angin (UA) adalah (Triatmodjo, 1999)

Kecepatan angin di laut (Uw):

$$U_w = RL \times U_L \quad (2.1)$$

Faktor tegangan angin (UA):

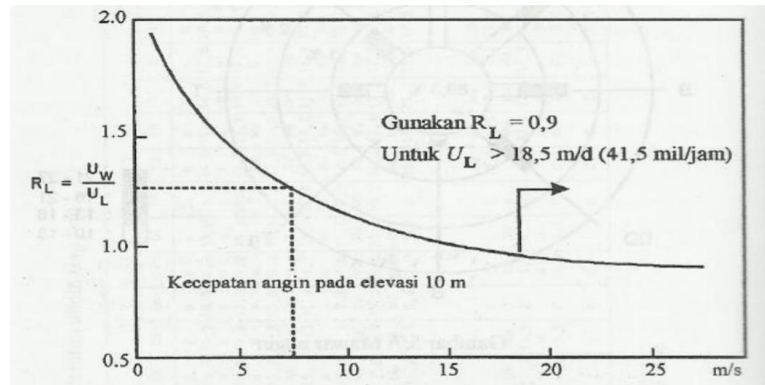
$$U_A = 0,71 \times U_w^{1,23} \quad (2.2)$$

UW = kecepatan angin yang diprediksikan di laut(m/dt)

U_L = kecepatan angin yang di ukur di darat (m/dt)

RL = nilai perbandingan kecepatan dapat dari Gambar 2.4

U_A = kecepatan seret angin (m/dt).



Gambar 2.4. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan darat
(Triatmodjo, 1999)

Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. Untuk peramalan gelombang angin, *fetch* biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang.

2.7. Fotogrametri

Dirangkum dalam Chatzifoti (2015) menurut *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)* definisi fotogrametri adalah sebuah seni, ilmu, dan teknologi perolehan informasi tentang obyek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran foto udara. Istilah fotogrametri itu sendiri sesuai yang dijelaskan oleh Chatzifoti (2015) berasal dari kata *photos* adalah sinar, *gramma* merupakan sesuatu yang tergambar dan *metron* dengan arti mengukur, maka secara sederhana fotogrametri dapat diartikan sebagai pengukuran secara grafis dengan menggunakan sinar. Dari definisi tersebut menurut Gularso (2013) dapat dimengerti bahwa fotogrametri meliputi sebuah perekaman obyek (pemotretan), pengukuran gambar obyek pada foto udara dan pemotretan hasil ukuran untuk dijadikan bentuk yang bermanfaat, contohnya adalah peta. Sehingga, Gularso (2013) membuat definisi dari fotogrametri adalah ilmu yang digunakan untuk memperoleh informasi dari suatu objek melalui proses pencatatan, pengukuran, dan interpretasi fotografis dimana aspek-aspek geometrik dari foto udara seperti sudut, jarak, koordinat, dan sebagainya merupakan faktor utama.

Gularso (2013) juga menjelaskan kualitas peta atau informasi yang dihasilkan sangat tergantung dari kualitas metrik maupun kualitas gambar (*pictorial quality*) sumber data tersebut. Seperti yang dirangkum oleh Nababan dan Panjaitan (2018) untuk menghindari *sun glint*, dilakukan foto udara pada pagi hari atau pada jam 07.00-08.00. Tingginya intensitas cahaya matahari dapat mengakibatkan adanya *sun glint* berupa kilatan cahaya pada permukaan perairan, sehingga mengakibatkan data berupa gambar tidak dapat diolah dengan baik. Selain itu, kondisi cuaca yang berangin terlalu kencang juga akan berpengaruh pada keseimbangan UAV pada saat pengambilan data.

Ditinjau dari data yang dapat diperoleh dari foto udara, maka fotogrametri dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Fotogrametri Metrik, bertujuan untuk memperoleh data kuantitatif seperti jarak, sudut, luas dan posisi dari suatu objek. Untuk memperoleh data tersebut diperlukan alat-alat khusus serta pengetahuan dan keterampilan tertentu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui hubungan matematis antara sistem foto udara dengan sistem tanah, sehingga ukuran-ukuran di foto dapat dipindahkan ke sistem tanah atau sebaliknya.
- b. Fotogrametri Interpretatif, bertujuan untuk memperoleh data kualitatif dengan cara pengenalan, identifikasi dan interpretasi foto udara (Gularso et al., 2013).

Teknik foto udara dalam pemetaan batimetri juga dipengaruhi oleh 4 faktor (Valeria et al., 2016):

$$L_T(\lambda) = L_B(\lambda) + L_C(\lambda) + L_S(\lambda) + L_P(\lambda) \quad (2.3)$$

$L_T(\lambda)$ = Hasil sinar spektral yang diamati oleh UAV

$L_B(\lambda)$ = Pancaran sinar yang dipantulkan dari dasar sungai

$L_C(\lambda)$ = Pancaran sinar dari badan air

$L_S(\lambda)$ = Pancaran sinar pada permukaan air

$L_P(\lambda)$ = Jalur sinar dari atmosfer

Panjang gelombang (λ) dinyatakan sebagai jumlah dari 4 komponen yang ada. Dalam kondisi sifat air yang homogen dan relatif jernih, sungai dangkal, geometri tampilan yang tepat, ketinggian UAV rendah, kondisi sinar yang menguntungkan, dapat mempertimbangkan diabaikannya komponen pancaran $L_C(\lambda)$, $L_S(\lambda)$, $L_P(\lambda)$.

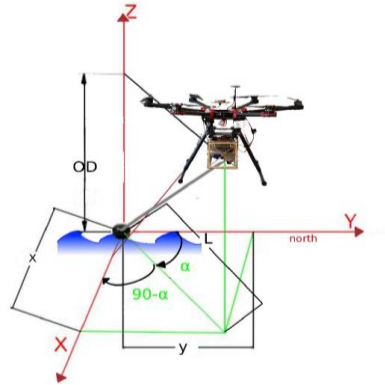
Hasil dari pemetaan batimetri menggunakan teknik fotogrametri akan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut, dengan kehilangan salah satu dari faktor tersebut maka akan menurunkan akurasi hasil pemetaan batimetri menggunakan UAV dengan teknik fotogrametri.

2.8. Pemetaan Batimetri

Ketinggian permukaan merupakan hal yang paling mendasar dalam pemetaan. Berbeda dengan topografi tanah, batimetri merupakan ketinggian yang tidak pasti pada banyak bagian di dunia. Batimetri relevan untuk berbagai topik penelitian dan juga kebutuhan masyarakat. Contohnya, perencanaan bangunan di sepanjang pantai, pemodelan sirkulasi laut, perlindungan lingkungan dan eksplorasi sumber daya laut (Hell, 2011).

Batimetri merupakan ukuran tinggi rendahnya dasar laut, sehingga peta batimetri memberikan informasi tentang dasar laut, informasi tersebut dapat memberikan manfaat pada beberapa bidang yang berkaitan dengan dasar laut, seperti alur pelayaran untuk kapal rakyat. Pengukuran batimetri dengan metode konvensional menggunakan metode batu duga yaitu sistem pengukuran dasar laut menggunakan kabel yang dilengkapi bandul pemberat yang massanya berkisar 25-75 kg. Namun seiring perkembangan zaman dan teknologi, metode tersebut sudah mulai ditinggalkan khususnya dalam pengukuran perairan yang luas dan dalam. Perkembangan teknologi saat ini pemetaan batimetri bisa dilakukan dengan teknologi akustik yaitu dengan menggunakan gelombang suara sehingga penggunaan teknologi ini lebih baik karena tidak merusak lingkungan sekitar penelitian (Febrianto et al., 2016).

2.8.1 Konsep Sonar Terhubung pada *Drone*



Gambar 2.5. Konsep Sonar
(Bandini, 2017)

Pada teknik pengambilan data kedalaman pembuatan peta batimetri sonar yang terhubung pada *drone* dan dikendalikan menggunakan *drone*, menurut Bandini (2017) sonar adalah pusat dari sistem referensi XYZ yang dihasilkan, dimana XY merupakan koordinat dan Z adalah kedalaman. Perpindahan antara sonar dan drone dihitung sepanjang X dan Y dengan arah dan perpindahan vertikal di sepanjang sumbu Z (Jarak Objek - OD). α adalah azimuth, sudut antara sumbu Y yang menunjuk ke utara dan vektor antara drone dan sonar, diproyeksikan ke bidang horizontal (berwarna hijau). *Azimuth* diukur searah jarum jam dari utara (yaitu α positif pada gambar).

2.8.2 *Singlebeam Echosounder*

Singlebeam Echosounder (SBES) merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pengirim dan penerima sinyal gelombang suara tunggal. Prinsip kerja *singlebeam echosounder* yaitu menggunakan prinsip pengukuran selisih fase pulsa dengan cara menghitung selisih pemancaran dan penerimaan dari pulsa akustik. Gelombang akustik dipancarkan dari *transducer*. *Transducer* adalah salah satu bagian dari alat pemeruman yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik kemudian menghasilkan gelombang akustik. Gelombang akustik tersebut kemudian merambat melalui air dengan cepat rambat yang telah diketahui, sampai menyentuh dasar laut dan kembali lagi ke *transducer*. Rumus yang digunakan untuk menghitung kedalaman batimetri menggunakan akustik adalah sebagai berikut:

$$D_i = \frac{1}{2} v \Delta t \quad (2.4)$$

Dimana D_i adalah kedalaman hasil ukuran, v kecepatan gelombang akustik yang telah diketahui sebelumnya, dan Δt adalah selang waktu yang dibutuhkan bagi gelombang akustik yang dipancarkan untuk memantul kembali ke *tansducer*. Data yang telah diakuisisi tersebut kemudian akan direkam dalam bentuk digital (Wijonarko et al., 2016).

2.9. Sistem Proyeksi Peta

Menurut Astrini (2012) peta merupakan gambaran sebagian atau seluruh muka bumi baik yang terletak di atas maupun di bawah permukaan dan disajikan datar pada skala proyeksi tertentu (secara matematis). Karena dibatasi oleh skala dan proyeksi maka peta tidak akan pernah selengkap dan sedetail aslinya (bumi), karena itu diperlukan penyederhanaan dan pemilihan unsur yang akan ditampilkan pada peta.

Pada kenyataannya bumi berbentuk 3 dimensi seperti bola dengan permukaan yang tidak beraturan. Sehingga, untuk menggambarkan permukaan bumi secara keseluruhan pada bidang 2 dimensi maka diperlukan suatu upaya transformasi dari bentuk 3 dimensi ke 2 dimensi. Untuk keseluruhan permukaan bumi dapat tergambar dengan proposional dan beraturan diperlukan suatu perhitungan matematis. Perhitungan tersebut yang disebut dengan proyeksi peta, sistem koordinat dan datum.

Informasi lokasi ditentukan berdasarkan sistem koordinat, yang di antaranya mencakup datum dan proyeksi peta. Astrini (2012) juga mendefinisikan datum adalah kumpulan parameter dan titik kontrol yang hubungan geometriknnya diketahui, baik melalui pengukuran atau penghitungan. Sistem proyeksi peta merupakan sistem yang dirancang untuk mempresentasikan permukaan dari suatu bidang lengkung atau *spheroid* seperti bumi pada suatu bidang datar. Proses representasi ini menyebabkan distorsi yang perlu diperhitungkan untuk memperoleh ketelitian beberapa inacam properti, seperti jarak, sudut, atau luasan. Koordinat adalah pernyataan besaran geometrik yang menentukan posisi satu titik dengan mengukur besar vektor terhadap satu posisi acuan yang telah didefinisikan.

Untuk menggambarkan permukaan bumi di atas layar komputer, diperlukan suatu sistem penggambaran yang merepresentasikan keadaan bumi sebenarnya yang disebut sebagai proyeksi. Proyeksi digambarkan dalam sistem koordinat cartesian, yang umumnya kita kenal dalam unit X dan Y. Berikut akan dibahas 2 sistem proyeksi yang biasa digunakan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu proyeksi sistem koordinat geografi menggunakan *longitude latitude* dan *Universal Tansverse Mercator (UTM)*.

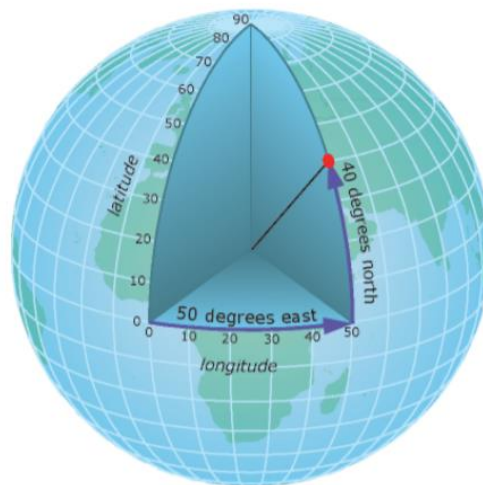
2.9.1 Sistem Koordinat Geografi

Pada proyeksi koordinat satuan unit yang digunakan adalah *degree* (derajat atau °). Satuan derajat ini terdapat beberapa pilihan dalam penggunaannya seperti satuan *decimal degree*, *degree minute second (DMS)* dan *degree minute decimals (DM)*. Koordinat geografi merupakan pernyataan koordinat *spheroid* bumi dalam bentuk tiga dimensi dengan Komponen:

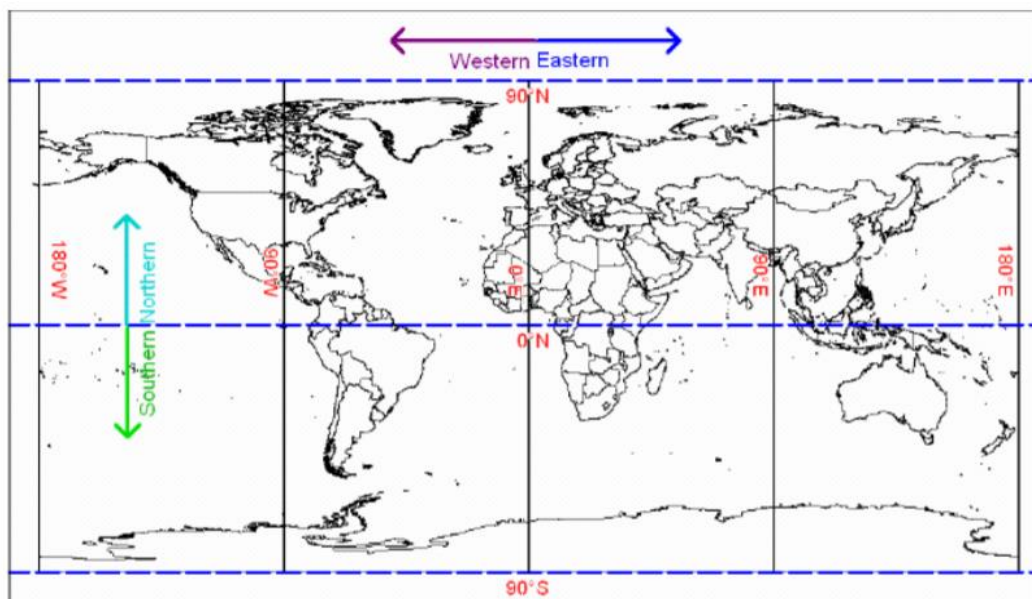
- Bujur (*longitude*), dimana Bujur 0° terletak di *Greenwich* di negara Inggris dihitung ke barat (Bujur Barat) dan ke timur (Bujur Timur)
- Lintang (*latitude*), dimana diawali pada Lintang 0° yang merupakan lingkaran *equator* dihitung ke Utara (Lintang Utara) dan ke Selatan (Lintang Selatan)

Posisi Geografi merupakan titik potong antara garis bujur dan lintang yang melalui titik tersebut. Proyeksi *longitude* dan *latitude* seperti dilihat pada Gambar 2.6, didasari dari bentuk bumi *spheroid*, yang dibagi atas garis tegak yang mengiris bumi dari belahan bumi utara hingga ke kutub selatan yang dinamakan garis meridian dan garis-garis melintang yang membagi bumi dari timur hingga ke barat yang dinamakan garis paralel. Garis 0° meridian melewati kota *Grenwich*, Inggris, dengan arti terdapat pembagian waktu yang berbeda-beda pada daerah di bumi bagian timur dan barat. Perubahan nilai garis meridian terjadi secara vertikal sepanjang garis horizontal yang disebut sebagai *longitude*. Sedangkan garis paralel berubah secara horizontal sepanjang garis vertikal dan disebut sebagai *latitude*. Akibat dari adanya garis paralel adalah adanya perbedaan musim di daerah bagian selatan dan utara bumi. Umumnya Indonesia menyebut Bujur Timur untuk menamakan *Eastern* dan bujur barat untuk *Western*, sedangkan belahan bumi utara atau *Northern* disebut sebagai lintang utara dan sebaliknya

belahan bumi selatan atau *Southern* disebut sebagai lintang selatan dapat dilihat pada Gambar 2.7. Proyeksi ini akan dibaca sebagai proyeksi bumi *spheroid* oleh koordinat *cartesian*, yang memiliki 4 zona utama yaitu zona timur utara (*North East*) dengan koordinat (x,y) berupa nilai (+,+), zona timur selatan (*South East*) sebagai (+,-), zona barat selatan (*South Western*) dengan (-,-) dan zona barat utara (*North Western*) (-,+).



Gambar 2.6. Garis *latitude* dan *longitude*
(Astrini, 2012)

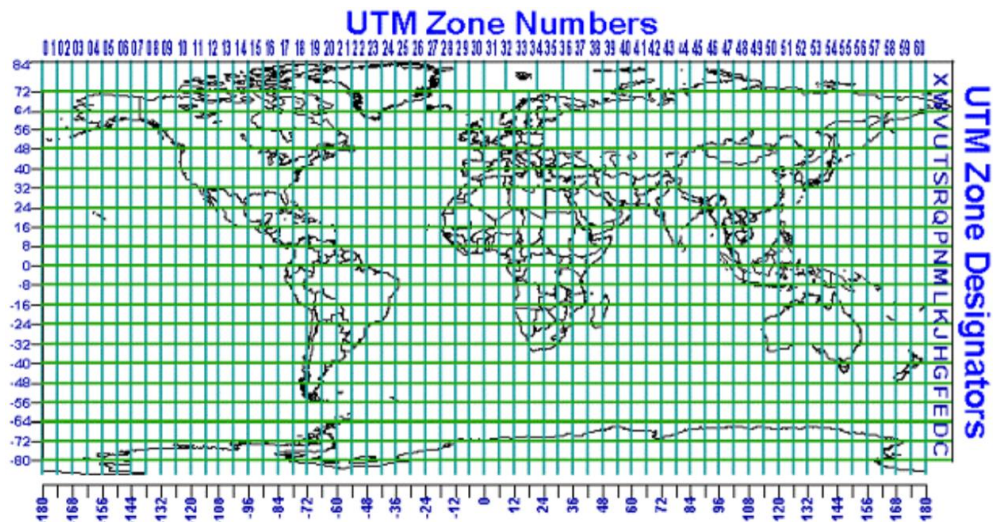


Gambar 2.7. Sistem koordinat geografi
(Nasir, 2012)

Proyeksi tersebut meskipun berlaku secara global, namun karena bentuk bumi yang cenderung elips menyebabkan adanya perbedaan jarak antar garis meridian dan paralel di setiap belahan bumi. Sebagai contoh satu derajat jarak antar garis meridian di daerah khatulistiwa sama dengan kira-kira 120 km sedangkan pada jarak satu derajat yang sama di belahan bumi utara, misal di Jepang yang terletak di tengah belahan bumi utara kira-kira sebanding dengan 90 km, dan semakin ke utara dan selatan jaraknya semakin mengecil, dengan demikian diperlukan suatu sistem lokal yang dapat memperkecil nilai kesalahan sehingga setiap daerah memiliki sistem yang berbeda, seperti contohnya antara Amerika utara dan selatan memiliki sistem berbeda, begitu juga dengan negara-negara di benua Asia, Eropa dan lainnya. Indonesia menggunakan sistem yang disebut *World Geodetic System* tahun 1984 (WGS 1984). Dengan demikian, untuk menyatakan batas-batas koordinat Indonesia adalah sebagai berikut: Proyeksi *longitude* dan *latitude* dalam sistem WGS 1984 dengan batas-batas koordinat sebagai berikut: 6° Northern (LU) - $(-11)^{\circ}$ Southern (LS) dan 95° Eastern (BT) – 141° Eastern (BT).

2.9.2 Universal Transver Mercator (UTM)

Untuk menyatakan proyeksi yang lebih detail dan bersifat lokal salah satunya dengan menggunakan proyeksi *Universal Transverse Mercator*. Satuan unit yang digunakan adalah meter, pada sistem proyeksi ini didasarkan pada asumsi bahwa jarak datar di permukaan bumi akan homogen setiap lebar 6° sekitar 667 kilometer antar garis meridian dan 8° sekitar 890 kilometer antar garis paralel (Hidayat, 2005). Dengan demikian dari titik -180° W hingga 180° E terdapat 60 zona, tiap zona dinamakan zona 1, zona 2, dan seterusnya hingga zona 60.

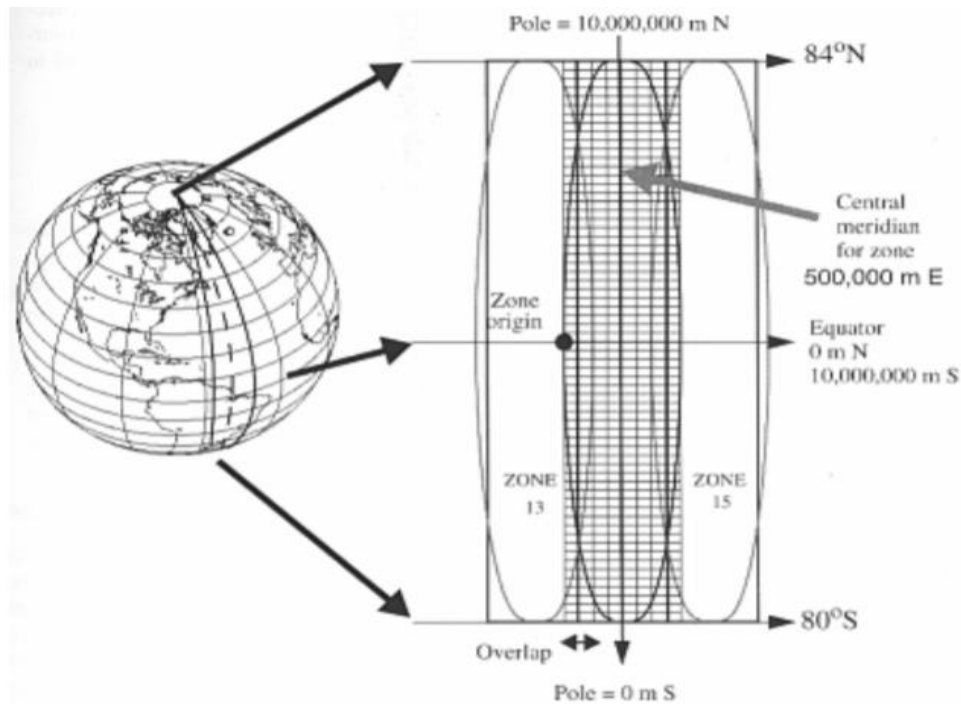


Gambar 2.8. *Universal Transverse Mercator System*

(Peter H. Dana 97/94)

Kemudian untuk menghitung zona paralel, dimulai dari titik paling selatan yang dianggap masih memungkinkan adalah 80°S hingga 84°N , tiap lebar 8° disebut sebagai satu zona dengan perlambangan huruf, jadi dihitung dari paling selatan 80°S adalah Zona A, zona B, dan seterusnya hingga zona X, kecuali penamaan untuk huruf i dan O yang tidak digunakan. Sehingga semuanya ada 22 zona.

Dalam *software Geographic Information System (GIS)* termasuk *ArcGis* akan menamakan secara sederhana, yaitu semua bagian daerah utara disebut zona *Northern Hemisphere*, dan untuk bagian daerah selatan khatulistiwa disebut dengan *Southern Hemisphere*. Seperti contohnya untuk menyatakan sistem proyeksi daerah Sidoarjo yang terletak di $7^{\circ}27'10.9''\text{LS}$, $112^{\circ}43'2.4''\text{BT}$ digunakan sistem proyeksi UTM WGS 1984 zona 49S.



Gambar 2.9. Meridian Central dan Equator pada UTM
(Nasir, 2012)

Dalam sistem koordinat UTM garis bujurnya hanya menggunakan satuan arah timur/*East* dalam peta disingkat E dan garis lintangnya menggunakan satuan arah utara/*North* (N) dan selatan/*South* (S). Titik acuan pada koordinat E berada 500.000 meter terletak di pusat dari titik tengah *central meridian* tiap zona. Untuk koordinat N dimulai dari titik pertama di utara *equator* (84°) dengan 10.000.000 meter N hingga tengah garis *equator* dengan nilai 0 meter N, pada 0 meter N tersebut juga merupakan titik pertama untuk satuan arah selatan dengan nilai 10.000.000 meter S hingga titik selatan *equator* (80°) dengan nilai 0 meter S. (Nasir, 2012).