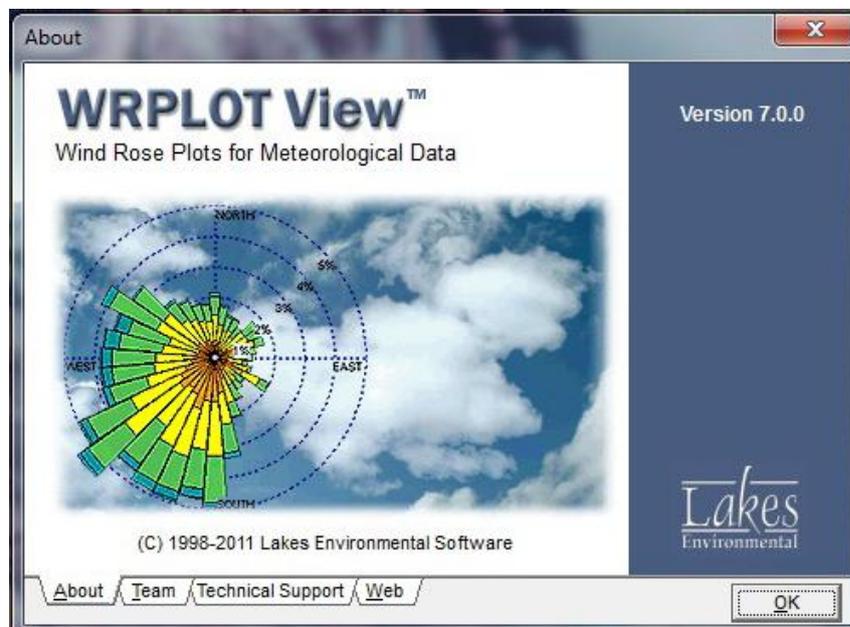


II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. WRPLOT View (*Wind Rose Plots for Meteorological Data*)

WRPLOT View adalah program yang memiliki kemampuan untuk mempresentasikan data kecepatan angin dalam bentuk mawar angin sebagai data meteorologi. WRPLOT memberikan gambaran kejadian angin pada kecepatan tertentu dari berbagai arah, persentase kecepatan angin, kecepatan angin minimum dan maksimum. Mawar angin menampilkan distribusi kecepatan angin dalam satuan (knots) dan (m/s). Distribusi tersebut di tandai dengan pengaturan warna yang berbeda di setiap kecepatan angin pada lokasi dan jangka waktu tertentu.



Gambar 2.1. Tampilan WRPLOT

2.2. Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah (Adzri, 2011).

Kecepatan angin dapat menimbulkan gaya gesek di permukaan laut. Arus yang ditimbulkan angin disebut *drift currents*. Jenis arus ini kebanyakan terjadi di sekitar permukaan perairan pantai. Kecepatan *drift current* yang paling besar biasanya berada di perairan selat yang posisinya searah dengan arah angin. Kondisi demikian disebut sebagai *longshore drift currents*, yakni arus sejajar pantai yang ditimbulkan karena tiupan angin (Wibisono, 2005).

2.2.1. Jenis-Jenis Angin

Macam-macam angin yang ada di Indonesia :

a. Angin Laut (*sea breeze*)

Angin laut adalah angin yang bertiup dari arah laut ke arah darat yang umumnya terjadi pada siang hari dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 di daerah pesisir pantai. Angin ini biasa dimanfaatkan para nelayan untuk pulang dari menangkap ikan di laut.

Angin laut ini terjadi pada siang hari. Karena air mempunyai kapasitas panas yang lebih besar daripada daratan, sinar matahari memanasi laut lebih lambat daripada daratan. Namun, jika ada angin lepas pantai yang lebih kencang dari 8 km/jam, maka angin laut tidak terjadi (Wikipedia, 2013).

b. Angin Darat (*land breeze*)

Angin darat adalah angin yang bertiup dari arah darat ke arah laut yang umumnya terjadi pada saat malam hari dari jam 20.00 sampai dengan jam 06.00 di daerah pesisir pantai.

Angin jenis ini bermanfaat bagi para nelayan untuk berangkat mencari ikan dengan perahu bertenaga angin sederhana. Pada malam hari daratan menjadi dingin lebih cepat daripada lautan, karena kapasitas panas tanah lebih rendah daripada air.

c. Angin Gunung

Angin gunung adalah angin yang bertiup dari puncak gunung ke lembah gunung yang terjadi pada malam hari.

d. Angin Lembah

Angin lembah adalah angin yang bertiup dari arah lembah ke arah puncak gunung yang biasa terjadi pada siang hari.

e. Angin Fohn (Angin Terjun / Angin Jatuh)

Angin fohn adalah angin yang bertiup pada suatu wilayah dengan temperatur dan kelembaban yang berbeda. Angin fohn terjadi karena ada gerakan massa udara yang naik pegunungan yang tingginya lebih dari 200 meter di satu sisi, lalu turun di sisi lain.

2.3. Mawar Angin (*Wind Rose*)

Mawar angin merupakan suatu gambar berbentuk lingkaran sebagai persentase angin, memiliki penyebaran kelopak seperti mawar di tengah lingkarannya dengan variasi warna berbeda-beda menandakan perbedaan kecepatan angin yang terjadi atau suatu gambar yang memetakan kecepatan dan arah angin dengan sederhana.

Wind rose menggambarkan frekuensi kejadian pada tiap arah mata angin dan kelas kecepatan angin (knots atau m/s) pada lokasi dan waktu yang telah ditentukan. *Wind rose* juga diperjelas dengan menampilkan grafik dari kecenderungan arah pergerakan angin dan persentasenya pada suatu wilayah dengan cepat.

2.4. Gelombang

Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak dan sebagainya. Untuk penelitian ini terjadinya gelombang dipengaruhi oleh angin.

Gelombang biasanya digunakan untuk merencanakan bangunan-bangunan seperti pelabuhan, yaitu untuk pemecah gelombang, studi ketenangan di pelabuhan dan fasilitas lainnya. Gelombang juga bisa menimbulkan arus dan transpor sedimen di daerah pantai (Triatmodjo, 1996).

Gelombang yang terjadi di alam adalah sangat kompleks dan tidak dapat dirumuskan dengan akurat. Akan tetapi dalam mempelajari fenomena gelombang yang terjadi di alam dilakukan beberapa asumsi sehingga muncul beberapa teori gelombang seperti teori *Airy* atau teori gelombang linier (teori gelombang amplitudo kecil bahwa “Asumsi tinggi gelombang adalah sangat kecil jika dibandingkan terhadap panjang gelombang atau kedalaman laut” (Triatmodjo, 1996).

Asumsi-asumsi tersebut adalah (Zakaria, 2009) :

- a. Air laut adalah homogen, sehingga rapat massanya adalah konstan.

- b. Air laut tidak mampu mampat.
- c. Tegangan permukaan yang terjadi diabaikan.
- d. Tegangan pada permukaan adalah konstan.
- e. Amplitudo gelombang, kecil dibandingkan dengan panjang gelombang.
- f. Gerak gelombang tegak lurus terhadap arah penjarannya.

2.5. Mawar Gelombang (*Wave rose*)

Mawar gelombang merupakan suatu gambar berbentuk lingkaran sebagai persentase gelombang, memiliki penyebaran kelopak seperti mawar di tengah lingkarannya dengan variasi warna berbeda-beda menandakan perbedaan tinggi gelombang yang terjadi atau suatu gambar yang memetakan ketinggian dan arah gelombang dengan sederhana.

Wave rose menggambarkan frekuensi kejadian pada tiap arah mata angin dan kelas ketinggian gelombang pada lokasi dan waktu yang telah ditentukan. *Wave rose* juga diperjelas dengan menampilkan grafik dari kecenderungan arah pergerakan gelombang dan persentasenya pada suatu wilayah dengan cepat. *Wave rose* menghasilkan nilai tinggi gelombang air laut dalam satuan centimeter (cm) atau meter (m).

2.6. Perkiraan gelombang (Pembangkitan Gelombang)

Angin yang berhembus di atas permukaan air yang semula tenang, akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut, dengan timbulnya riak gelombang kecil. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk

gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk (Triatmodjo, 2012).

Faktor-faktor yang perlu diketahui dalam perkiraan gelombang, antara lain :

- a. Kecepatan rerata angin (U_w) di permukaan air.
- b. Arah angin.
- c. Panjang daerah pembangkitan gelombang di mana angin mempunyai kecepatan dan arah konstan (*fetch*), dan
- d. Lama hembus angin pada *fetch* (t_d).

2.6.1. Kecepatan Angin

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal di dalam persamaan atau grafik pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi dari data angin di daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di laut dan angin di daratan terdekat diberikan oleh rumus :

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad (1)$$

Keterangan :

R_L = nilai hubungan U_w dan U_L

U_w = kecepatan angin di laut

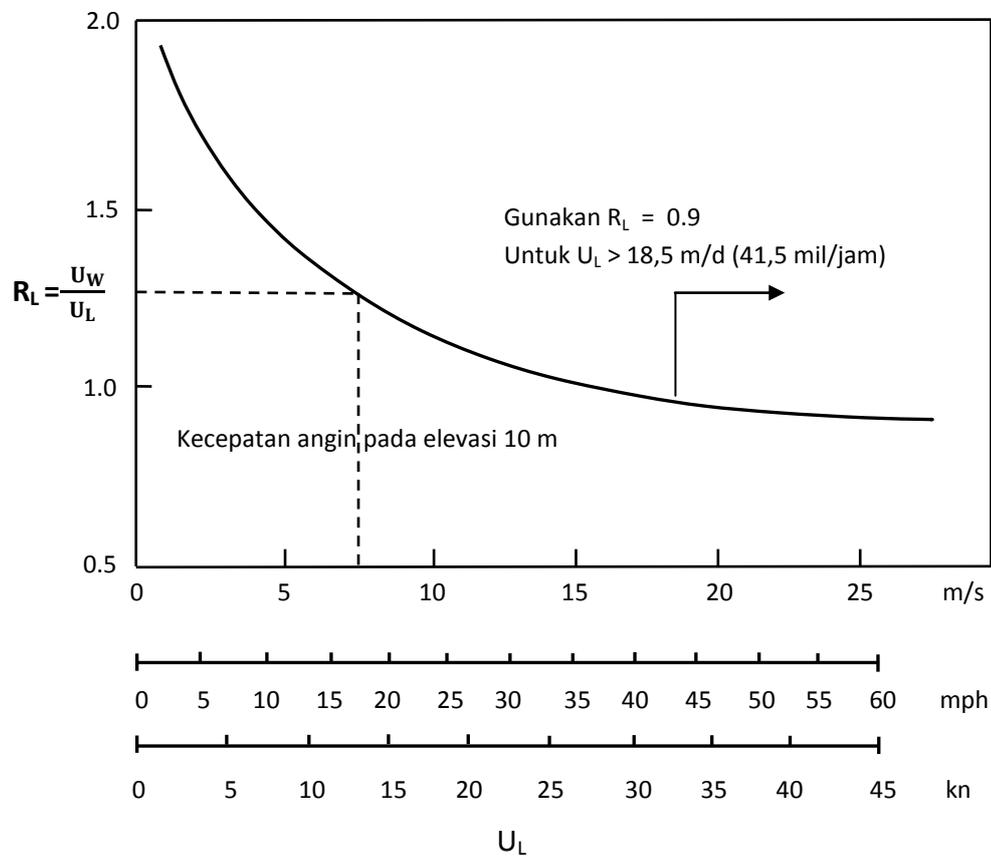
U_L = kecepatan angin di darat

seperti terlihat pada gambar 2.2. di bawah, kurva tersebut merupakan hasil penelitian di Great Lake, Amerika Serikat (SPM, 1984).

Grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel U_A , yaitu faktor tegangan angin yang dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan konversi kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus di bawah ini :

$$U_A = 0,71 U_W^{1,23} \quad (2)$$

Dimana U_A = faktor tegangan angin (kecepatan angin yang menyebabkan terjadinya gelombang di laut) (Triatmodjo, 2012).



Gambar 2.2. Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat

2.6.2. Fetch

Fetch (F) adalah panjang permukaan laut pada mana angin berhembus. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya

dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, 2012).

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (3)$$

Dengan :

F_{eff} : *fetch* rerata efektif

x_i : panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin

Berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembus angin dan *fetch* dapat dilakukan perkiraan gelombang menggunakan grafik perkiraan gelombang (gambar 2.3) (SPM, 1984).

Penelitian ini dalam perhitungan tinggi dan periode gelombang tidak menggunakan *fetch* efektif. Tetapi perhitungan menggunakan *fetch* langsung dengan arah mata angin 0° s/d 360° .

2.6.3. Kedalaman Perairan (d)

Untuk mempermudah melakukan perhitungan, dilakukan asumsi dalam pengambilan kedalaman laut. Penelitian ini menggunakan kedalaman maksimum dari masing-masing lokasi. Kedalaman laut dalam satuan meter (m).

2.6.4. Perkiraan Gelombang (Tinggi dan Periode Gelombang)

Karena dalam penelitian ini menggunakan banyak data gelombang, memerlukan waktu yang banyak untuk mendapatkan nilai H (tinggi gelombang) dan T (periode gelombang). Oleh karena itu, perkiraan gelombang di bantu komputerisasi.

Rumus yang digunakan dalam perkiraan gelombang di laut dangkal yaitu (SPM, 1984, hal 249):

$$\frac{gH}{U_A^2} = 0,283 \tan h \left[0,530 \left(\frac{gd}{U_A^2} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \tan h \left\{ \frac{0,00565 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}}}{\tan h \left[0,530 \left(\frac{gd}{U_A^2} \right)^{\frac{3}{4}} \right]} \right\} \quad (4)$$

$$\frac{gT_s}{U_A} = 7,54 \tan h \left[0,833 \left(\frac{gd}{U_A^2} \right)^{\frac{3}{8}} \right] \tan h \left\{ \frac{0,0379 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}}}{\tan h \left[0,833 \left(\frac{gd}{U_A^2} \right)^{\frac{3}{8}} \right]} \right\} \quad (5)$$

Keterangan :

d (*depth*) = kedalaman perairan (meter)

g = 9,8 meter/detik²

H = tinggi gelombang signifikan (meter)

U_A = faktor kecepatan angin (meter/detik)

F = panjang *fetch* (meter)

T_s = periode gelombang signifikan (detik)

2.6.5. Statistika gelombang

Untuk melihat distribusi kecenderungan data gelombang dapat dipergunakan nilai dari koefisien *skewness* (C_s), *kurtosis* (C_k), dan standar deviasi.

(1) Standar deviasi

Standar deviasi adalah ukuran sebaran statistik yang paling lazim. Bisa juga didefinisikan sebagai, rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut atau variasi perubahan tinggi gelombang dari seluruh data gelombang.

Simpangan baku untuk sampel disimbolkan dengan s dan didefinisikan dengan rumus:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Dimana (x_1, x_2, \dots, x_N) adalah nilai data dari sampel dan \bar{x} adalah rata-rata dari sampel (Walpole, 1993).

Standar deviasi juga merupakan suatu ukuran dispersi atau variasi (variant). Standar deviasi merupakan ukuran dispersi yang paling banyak dipakai. Hal ini mungkin karena standar deviasi mempunyai satuan ukuran yang sama dengan satuan ukuran data asalnya. Misalnya, bila satuan data asalnya adalah (cm), maka satuan standar deviasinya juga (cm) (Wikipedia, 2013).

(2) Koefisien *skewness*

Kemencengan atau kemiringan (*skewness*) adalah tingkat ketidaksimetrisan atau kejauhan simetri dari sebuah distribusi. Sebuah

distribusi yang tidak simetris akan memiliki rata-rata, median, dan modus yang tidak sama besarnya sehingga distribusi akan terkonsentrasi pada salah satu sisi dan kurvanya akan menceng.

Jika distribusi memiliki ekor yang lebih panjang ke kanan daripada yang ke kiri maka distribusi disebut menceng ke kanan atau memiliki kemencengan positif. Sebaliknya, jika distribusi memiliki ekor yang lebih panjang ke kiri daripada yang ke kanan maka distribusi disebut menceng ke kiri atau memiliki kemencengan negatif (Gunawan, 2012).

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^3 \quad (7)$$

(3) Koefisien *kurtosis*

Kurtosis adalah derajat keruncingan suatu distribusi (biasanya diukur relatif terhadap distribusi normal). Kurva yang lebih runcing dari distribusi normal dinamakan *leptokurtik*, yang lebih datar *platikurtik* dan distribusi normal disebut *mesokurtik*. Nilai lebih kecil dari 3, maka distribusinya adalah distribusi platikurtik. Nilai lebih besar dari 3, maka distribusinya adalah distribusi leptokurtik. Nilai yang sama dengan 3, maka distribusinya adalah distribusi mesokurtik.

$$C_k = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^4 \right\} - \left(\frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \right) \quad (8)$$

(4) Distribusi rata-rata tinggi gelombang

- (a) H_s atau H_{33} (tinggi gelombang signifikan) merupakan 33% (1/3) dari data tinggi gelombang tertinggi. H_s merupakan bentuk yang paling banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai (Triatmodjo, 2012).

$$n = 1/3 \times \text{banyaknya data gelombang} = (\text{jumlah data})$$

$$H_s = (\text{jumlah } n \text{ tinggi gelombang tertinggi})/n = (\text{cm})$$

$$T_s = (\text{jumlah } n \text{ periode gelombang tertinggi})/n = (\text{detik})$$

- (b) H_{10} merupakan 10% dari data tinggi gelombang tertinggi.

$$n = 10\% \times \text{banyaknya data gelombang} = (\text{jumlah data})$$

$$H_{10} = (\text{jumlah } n \text{ tinggi gelombang tertinggi})/n = (\text{cm})$$

$$T_{10} = (\text{jumlah } n \text{ periode gelombang tertinggi})/n = (\text{detik})$$

- (c) H_1 merupakan 1% dari data tinggi gelombang tertinggi.

$$n = 1\% \times \text{banyaknya data gelombang} = (\text{jumlah data})$$

$$H_1 = (\text{jumlah } n \text{ tinggi gelombang tertinggi})/n = (\text{cm})$$

$$T_1 = (\text{jumlah } n \text{ periode gelombang tertinggi})/n = (\text{detik})$$

- (d) Penjelasan tentang gelombang rerata \bar{x} adalah penjumlahan seluruh data tinggi gelombang di bagi dengan banyaknya data tinggi gelombang, atau dinamakan H_{100} ($H_{100\%}$) atau H_{rerata} .

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (9)$$

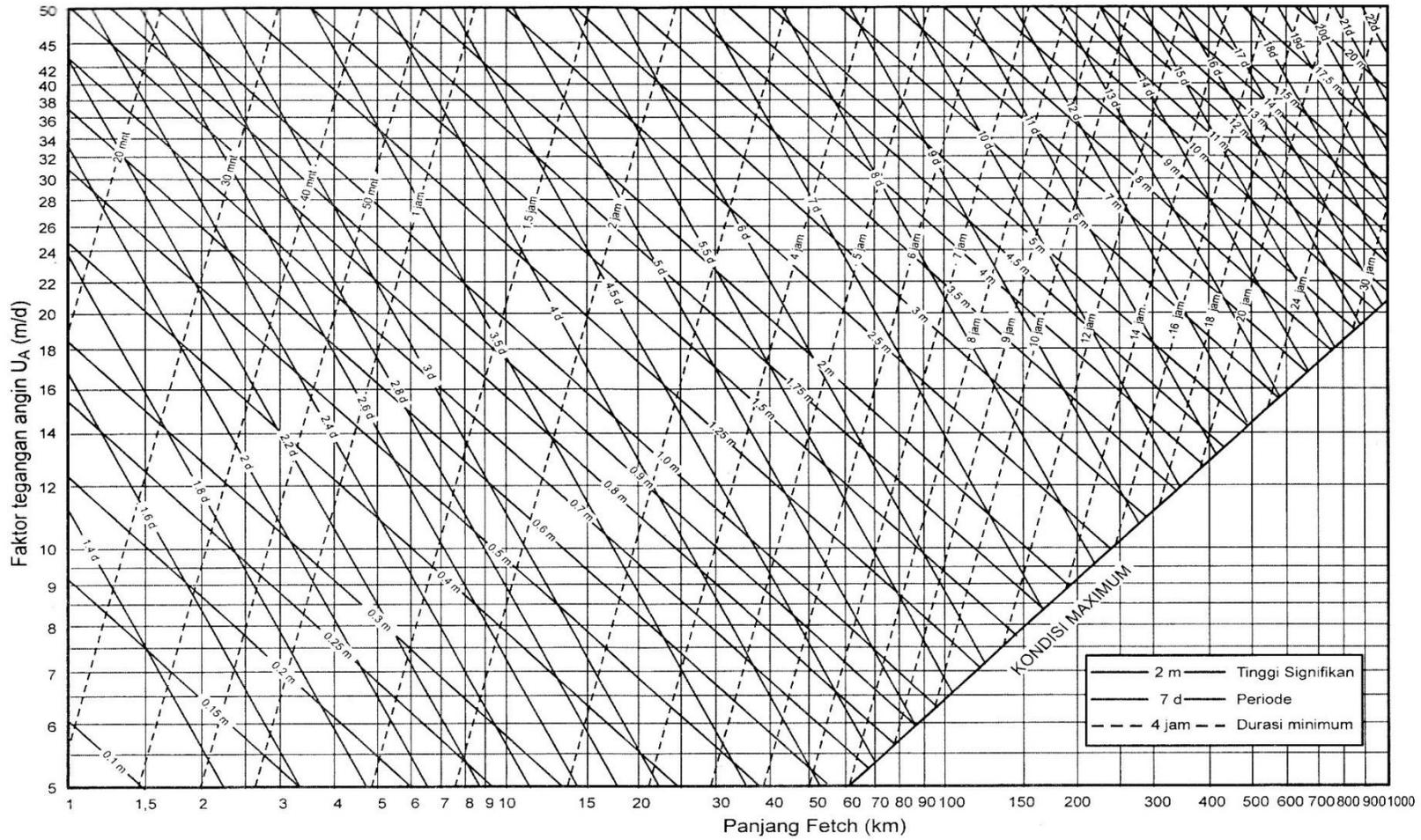
atau

H_{100} merupakan 100% dari data tinggi gelombang tertinggi.

$$n = 100\% \times \text{banyaknya data gelombang} = (\text{jumlah data})$$

$$H_{100} = (\text{jumlah } n \text{ tinggi gelombang tertinggi})/n = (\text{cm})$$

$$T_{100} = (\text{jumlah } n \text{ periode gelombang tertinggi})/n = (\text{detik})$$



Sumber : buku perencanaan bangunan pantai (Bambang Triatmodjo, 2012)

Gambar 2.3. Grafik perkiraan gelombang