

Perencanaan jeti tipe *rubble mound* untuk penanggulangan penutupan muara sungai oleh sedimen

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan tata cara perencanaan jeti tipe *rubble mound* untuk penanggulangan penutupan muara sungai oleh sedimen untuk membantu para perencana, pelaksana, dan pengambil keputusan yang berkaitan dengan pekerjaan perbaikan muara sungai, agar dampak negatif dari pekerjaan tersebut dapat dikurangi.

Pedoman ini merupakan bagian yang rinci dari Pd T-07-2004-A, yaitu khusus untuk jeti tipe *rubble mound*. Pedoman ini dapat digunakan untuk perbaikan muara sungai dengan luas Daerah Aliran Sungai < 500 km² atau sungai dengan lebar < 200 m.

2 Acuan normatif

SNI 03-1724, *Tata cara perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan di sungai.*

SNI 19-6471.1, *Tata cara pengerukan muara sungai dan pantai, Bagian 1 : Survei lokasi dan investigasi.*

SNI 19-6471.2, *Tata cara pengerukan muara sungai dan pantai, Bagian 2 : Pertimbangan-pertimbangan yang mempengaruhi pekerjaan pengerukan.*

SNI 19-6471.3, *Tata cara pengerukan muara sungai dan pantai, Bagian 3 : Pemilihan peralatan.*

SNI 19-6471.4, *Tata cara pengerukan muara sungai dan pantai, Bagian 4 : Pelaksanaan dan pengawasan.*

Pd T-07-2004-A, *Pedoman umum perbaikan muara sungai dengan jeti.*

Pd T-26-2004-A, *Tata cara pengamatan pasang surut dengan menggunakan papan duga.*

3 Istilah dan definisi

3.1 Alun (*swell*) adalah gelombang yang menjalar keluar dari daerah pembentukannya.

3.2 Ambang adalah formasi sedimentasi yang terjadi di mulut muara sungai, akibat adanya angkutan sedimen sejajar pantai dan sungai.

3.3 Angkutan sedimen menyusur pantai (*longshore sediment transport*) adalah angkutan sedimen yang terjadi akibat adanya arus menyusur pantai.

3.4 Angkutan sedimen suspensi (*suspended load transport*) adalah angkutan sedimen yang melayang dalam air.

3.5 Angkutan sedimen dasar (*bed load transport*) adalah angkutan sedimen yang terdapat di bagian dasar perairan.

3.6 Arus menyusur pantai (*longshore current*) adalah arus yang dibangkitkan oleh gelombang yang membentuk sudut miring dengan garis pantai.

3.7 Armor adalah lapisan pelindung luar dari suatu struktur tipe *rubble mound*. Armor bisa dibuat dari batu atau blok-blok beton.

- 3.8 Draf kapal** adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum.
- 3.9 Difraksi** adalah pembelokan gelombang akibat terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau dan pembelokan ini terjadi di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya.
- 3.10 Gelombang angin (*seas*)** adalah gelombang yang berada pada daerah pembentukannya.
- 3.11 Gelombang pecah (*breaking wave*)** adalah kondisi gelombang saat terjadi proses keruntuhan pada puncak gelombang. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah diberi notasi H_b dan d_b .
- 3.12 Hilir (*down-drift*)** adalah sisi sebelah hilir dari bangunan pantai terhadap arah angkutan sedimen.
- 3.13 Jeti (*jetty*)** adalah salah satu bangunan pengendali muara yang dibangun untuk stabilisasi muara sungai dan perbaikan alur sungai.
- 3.14 Jeti pengarah (*training jetty*)** adalah jeti yang dipergunakan untuk mengarahkan arus sungai agar tidak terjadi pengendapan di mulut muara.
- 3.15 Jeti tipe *rubble mound*** adalah bangunan yang terdiri atas unit-unit batu atau blok beton lepas yang disusun membentuk kemiringan dan dilindungi oleh lapisan penutup luar yang disebut armor. Armor dapat terdiri atas batu atau blok beton.
- 3.16 Kedalaman gelombang pecah (*breaking wave depth*)** adalah suatu kedalaman saat gelombang dengan tinggi tertentu mengalami proses pecah gelombang. Kedalaman gelombang pecah diberi notasi d_b yang secara sederhana dirumuskan dengan $d_b = 1,28 H_b$.
- 3.17 Lapisan armor (*armour layer*)** adalah lapisan pelindung luar dari bangunan tipe rubel yang langsung terhempas gelombang, terdiri atas susunan batu atau blok-blok beton yang disusun membentuk kemiringan.
- 3.18 Lidah pasir (*sand spit*)** adalah pola sedimentasi pada muara yang didominasi oleh gelombang laut.
- 3.19 Muara sungai (*estuary*)** adalah bagian hilir sungai yang berhubungan dengan laut dan masih terpengaruh oleh pasang surut air laut.
- 3.20 Muka Air Laut Rerata (*Mean Sea Level, MSL*)** adalah tinggi muka air laut rata-rata.
- 3.21 Muka Air Laut Terendah (*Low Lowest Water Level, LLWL*)** adalah surut rendah terendah yang terjadi selama kurun waktu yang panjang (19 tahun).
- 3.22 Muka Air Laut Tertinggi (*High Highest Water Level, HHWL*)** adalah pasang tinggi tertinggi yang terjadi selama kurun waktu yang panjang (19 tahun).
- 3.23 Muka Air Laut Tinggi Rerata Purnama (*Mean High Water Spring, MHWS*)** adalah pasang tinggi rerata pada waktu pasang purnama.
- 3.24 Muka Air Laut Tinggi Rerata Perbani (*Mean High Water Neap, MHWN*)** adalah pasang tinggi rerata pada waktu pasang perbani.
- 3.25 Mulut sungai (*river mouth*)** adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut.

- 3.26 Pasang surut** adalah naik turunnya muka air laut yang disebabkan oleh adanya gaya tarik antara bumi dengan benda-benda angkasa lainnya, terutama bulan dan matahari.
- 3.27 Pasang perbani (*neap tide*)** adalah pasang kecil yang terjadi dua kali dalam satu bulan, yaitu pada kuartier pertama dan kuartier terakhir.
- 3.28 Pasang purnama (*spring tide*)** adalah pasang besar yang terjadi satu kali dalam ± 2 minggu pada saat bulan purnama atau bulan mati.
- 3.29 Pelindung kaki (*toe protection*)** adalah struktur di depan bangunan pantai atau muara yang berfungsi melindungi kaki bangunan.
- 3.30 Pemindahan pasir (*sand by passing*)** adalah salah satu cara memperbaiki kerusakan pantai bagian *down-drift* dengan memindahkan sedimen dari daerah yang ter sedimentasi ke daerah yang tererosi dengan menggunakan cara tertentu.
- 3.31 Pendangkalan muara** adalah berkurangnya kedalaman muara sungai akibat adanya angkutan sedimen dari hulu sungai yang mengendap di muara.
- 3.32 Pengerukan** adalah kegiatan pengambilan material di bawah air yang dilakukan untuk memelihara kedalaman alur sungai yang disebabkan ombak musim kemarau atau debit sungai sedang kecil.
- 3.33 Penurunan muka air sungai secara mendadak (*rapid draw down*)** adalah penurunan muka air yang berlangsung secara mendadak dan cepat akibat terjadinya pembukaan mulut muara.
- 3.34 Penutupan muara** adalah tertutupnya mulut sungai akibat adanya angkutan sedimen menyusur pantai yang disebabkan ombak pada musim kemarau atau debit sungai sedang kecil.
- 3.35 Permasalahan muara** adalah penutupan ataupun pendangkalan muara yang menyebabkan terjadinya banjir atau menyebabkan kesulitan lalu lintas kapal dan perahu nelayan. Permasalahan sungai dapat pula berupa seringnya perpindahan muara sungai.
- 3.36 Prisma pasang surut (*tidal prism*)** adalah volume air dari laut yang masuk atau keluar dari sungai melalui mulut sungai, yaitu antara titik balik air surut dan titik balik air pasang.
- 3.37 Sel sedimen (*sedimentation cell*)** adalah wilayah pantai yang dibatasi oleh dua pembatas (struktur alam : tanjung, delta, muara; struktur buatan : jeti, krib, pemecah gelombang), yaitu ketika kegiatan yang dilakukan pada lokasi tertentu dalam satu wilayah akan berpengaruh pada lokasi lainnya. Sel sedimen dikenal juga dengan istilah Wilayah Pengaman Pantai (WPP).
- 3.38 Struktur tipe *rubble mound*** adalah suatu struktur yang terdiri dari unit-unit lapisan pelindung luar dan lapisan pengisi yang disusun membentuk suatu kemiringan.
- 3.39 Tampungan air tawar arah memanjang sungai (*long storage*)** adalah tampungan air tawar arah memanjang sungai akibat adanya ambang di mulut muara.
- 3.40 Udik (*up-drift*)** adalah sisi sebelah udik dari bangunan pantai terhadap arah angkutan sedimen.
- 3.41 Zona debur (*surf zone*)** adalah daerah yang terbentang antara gelombang pecah dan garis pantai.

3.42 Zona gelombang pecah (*breaker zone*) adalah daerah tempat gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidakstabilan dan pecah.

4 Penanggulangan penutupan mulut muara

4.1 Untuk lalu lintas perahu nelayan

Muara harus terbuka terus baik musim hujan maupun musim kemarau. Usaha untuk pengerukan saja tidak akan menyelesaikan masalah, karena mulut muara yang dikeruk dengan cepat akan terisi kembali oleh pasir, akibat adanya angkutan pasir menyusur pantai.

Untuk menahan angkutan pasir menyusur pantai yang akan masuk ke mulut muara, umumnya dilakukan pembuatan jeti. Karena di Indonesia ada dua musim, maka angkutan pasir juga dua arah. Oleh karena itu, maka jeti dibuat di kanan dan kiri.

Apabila pembuatan jeti dilakukan pada musim hujan, pengerukan pada mulut muara tidak perlu dilakukan karena mulut dalam keadaan terbuka. Apabila pembuatan jeti dilakukan pada musim kemarau saat mulut tertutup, perlu dilakukan pengerukan.

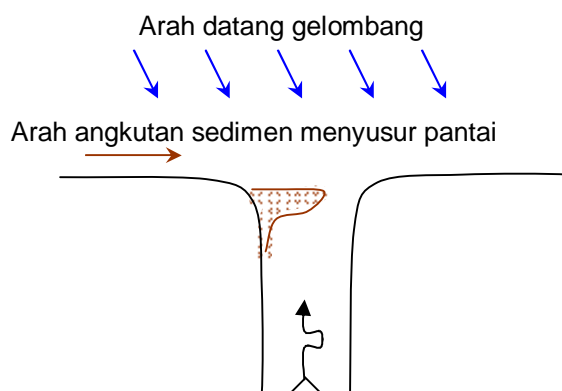
Kedalaman pengerukan pada alur pelayaran antara dua jeti disesuaikan dengan draf perahu yang akan keluar masuk TPI (Tempat Pelelangan Ikan) di muara. Panjang jeti yang baik adalah mencapai kedalaman yang sesuai dengan kedalaman alur. Jarak antara dua jeti sedemikian rupa supaya alur dapat dilalui oleh dua perahu yang akan keluar dan akan masuk TPI.

Sementara itu dengan dibuatnya jeti maka angkutan sedimen menyusur pantai akan terganggu, sehingga terjadi suatu dampak fenomena klasik sebagai berikut.

- a) sedimentasi di *up-drift* jeti;
- b) erosi di *down-drift* jeti.

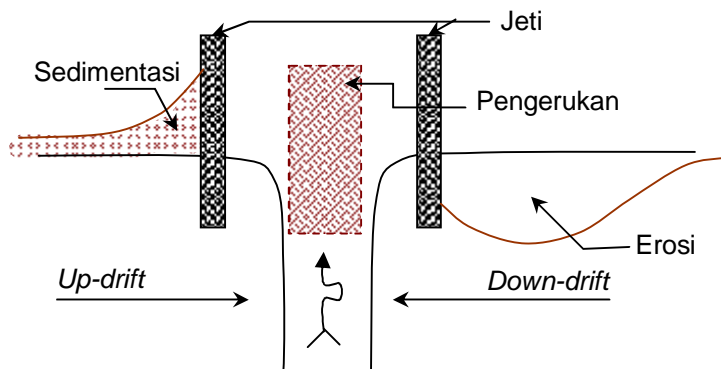
Apabila sedimentasi dibiarkan, majunya garis pantai akan mencapai ujung jeti; dan pasir akan melimpas ujung jeti; menimbulkan sedimentasi yang akan mengembalikan ke kondisi awal.

Usaha penanggulangan kedua dampak tersebut yang paling baik adalah dengan cara pemindahan pasir dari *up-drift* ke *down-drift*. Cara ini dikenal dengan istilah *sand by passing*. Besarnya pasir yang harus dipindahkan harus sesuai dengan besarnya angkutan pasir menyusur pantai. Secara skematis, fenomena penutupan muara sungai dan penanggulangannya disajikan pada Gambar 1a sampai dengan 1e.



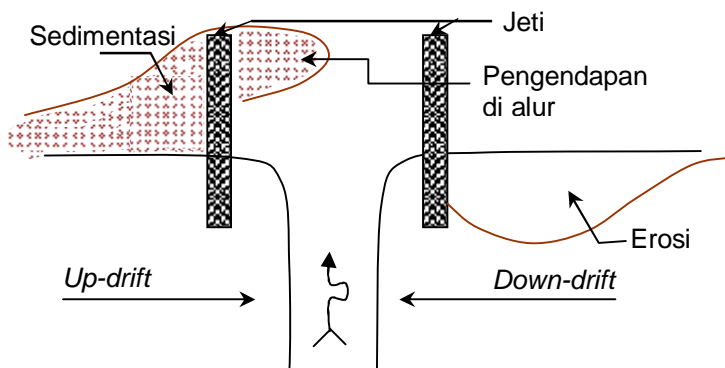
Mulut muara selalu tertutup pada musim kemarau (pada beberapa sungai terutama di pulau Jawa).

Gambar 1a Penutupan muara oleh sedimen menyusur pantai



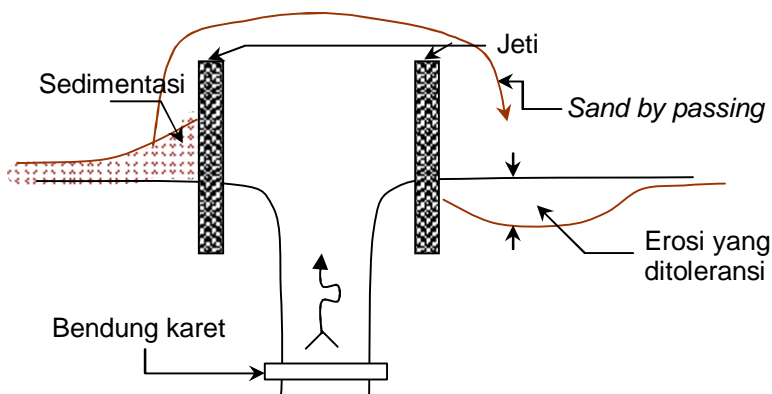
Dibuat jeti di kanan kiri muara. Terjadi sedimentasi di *up-drift* dan erosi di *down-drift*.

Gambar 1b Pembuatan jeti dan pengerukan



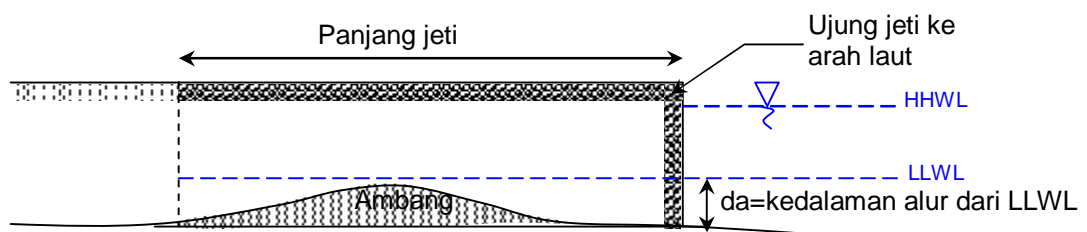
Kalau sedimentasi dibiarkan garis pantai *up-drift* akan maju dan sedimentasi/pasir akan melimpas ujung jeti; terjadi pengendapan di alur.

Gambar 1c Limpasan sedimen di mulut jeti



Usaha penanggulangan dilakukan dengan cara "sand by passing" disesuaikan dengan erosi yang masih ditoleransi.

Gambar 1d Sand by passing dari *up-drift* ke *down-drift*



Gambar 1e Potongan memanjang jeti di muara sungai
5 dari 52

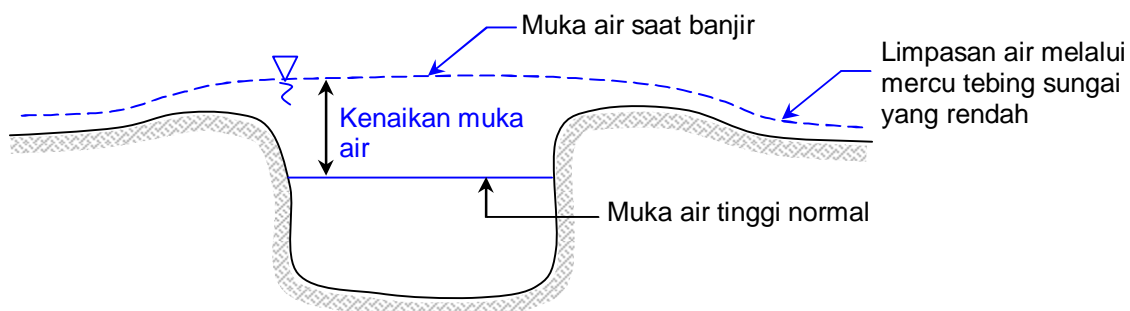
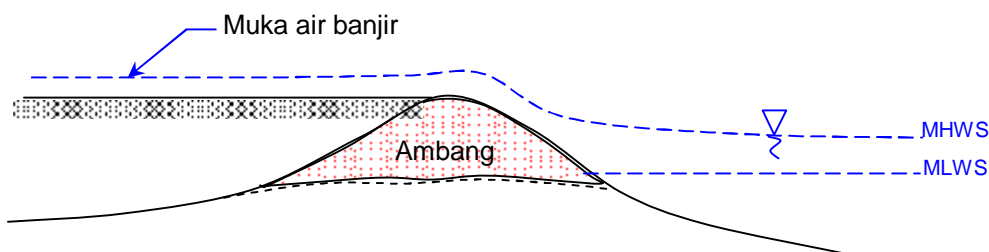
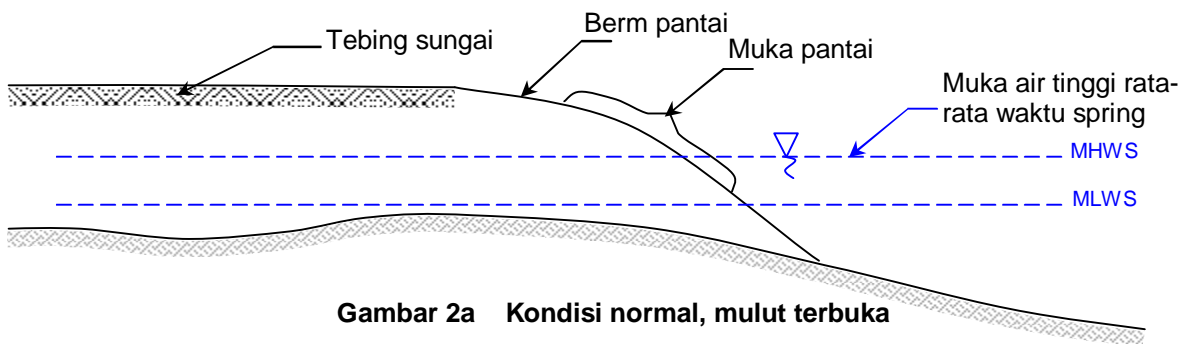
Ujung jeti arah laut mencapai kedalaman alur untuk lalu lintas nelayan. Ujung jeti arah darat mencapai batas erosi *down-drift*. Untuk mencegah intrusi air asin ke arah darat umumnya dibuat bendung karet.

4.2 Penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir

Penutupan mulut muara sungai akan membentuk formasi ambang. Pada kondisi debit sungai nol, maka mercu ambang mencapai setinggi berm pantai.

Pada saat datang banjir, maka ambang tidak terbuka. Ambang mulai terbuka sedikit demi sedikit setelah ada aliran yang melimpas ambang. Ini berarti bahwa muka air di sungai lebih tinggi dari ambang; terjadi kenaikan muka air dibandingkan dengan muka air normal.

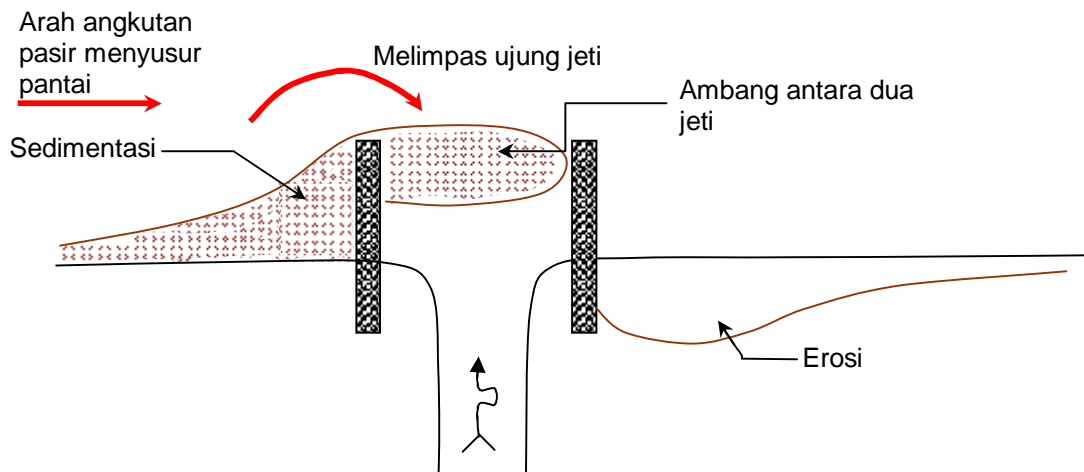
Pada bagian sungai di muara dengan mercu tebing lebih rendah dari tinggi muka air saat banjir pada kondisi mulut tertutup akan terjadi limpasan air ke daerah rendah. Secara skematis fenomena penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir disajikan pada Gambar 2a sampai dengan Gambar 2c.



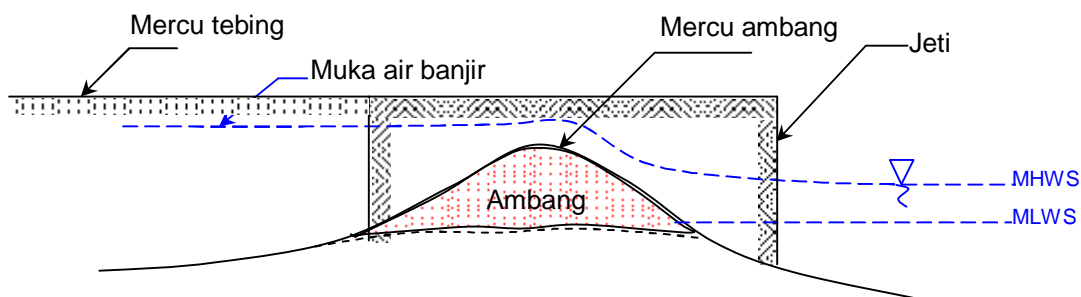
Dengan melimpasnya air melalui mercu ambang, maka sedikit demi sedikit ambang akan tergerus; mulut mulai membuka. Bersamaan dengan turunnya muka air laut pada waktu surut, maka mulut akan membuka lebih lebar dan lebih dalam. Aliran air dari muara sungai yang semula tertahan dengan adanya ambang akan mengalir ke laut dengan cepat dan penurunan muka airnya berlangsung secara mendadak. Penurunan secara mendadak ini dikenal dengan istilah *rapid draw down*. Penurunan secara mendadak ini akan menyebabkan terjadinya longsor pada tebing sungai.

Usaha penanggulangan dilakukan dengan jeti pendek, yang memungkinkan adanya angkutan pasir menyusur pantai lewat ujung jeti ke mulut muara antara dua jeti. Ambang akan terbentuk tetapi mercu ambang tidak tinggi; lebih rendah dari mercu tebing sungai. Pada saat datang banjir maka kenaikan muka air akibat adanya ambang tidak melebihi mercu tebing sungai, sehingga tidak terjadi limpasan air dan tidak menimbulkan banjir. Pada Gambar 3a sampai dengan Gambar 3c disajikan secara skematis penanggulangan permasalahan penutupan muara akibat banjir.

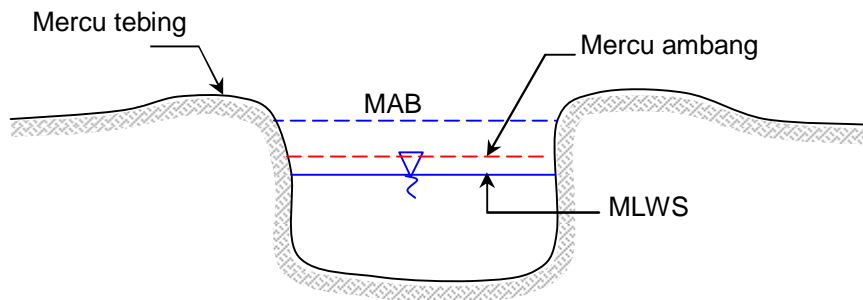
Keuntungan lain terbentuknya ambang adalah terjadinya penampungan air tawar di muara sungai, merupakan *long storage* yang bermanfaat bagi para penduduk di sekitar muara.



Gambar 3a Endapan sedimen antara dua jeti



Gambar 3b Potongan memanjang muara



Gambar 3c Potongan melintang

Analisis dan desain hidraulik perbaikan muara sungai dan struktur bangunan jeti pengarah dapat dilihat pada pedoman umum perbaikan muara sungai dengan jeti.

5 Analisis dan desain hidraulik perbaikan muara sungai

5.1 Persyaratan alur pelayaran

Persyaratan alur pelayaran biasanya meliputi dimensi

- 1) kedalaman minimum alur pelayaran;
- 2) lebar minimum alur pelayaran;
- 3) panjang minimum bangunan jeti tanpa pengerukan alur.

5.1.1 Kedalaman minimum alur pelayaran

Muara sungai biasanya dimanfaatkan untuk keperluan lalu lintas perahu nelayan sehingga kedalaman alur harus disesuaikan dengan kebutuhan tersebut. Oleh karena itu, jika memungkinkan (ditinjau dari segi dana), kapal terbesar yang lewat di muara tersebut akan dipergunakan sebagai referensi penentuan ukuran kedalaman alur. Rumus penentuan kedalaman alur pelayaran tersebut adalah

$$EL_{bed} = LLWL - dn \dots\dots\dots (1a)$$

$$dn = df + gl + rb \dots\dots\dots (1b)$$

dengan:

- EL_{bed} adalah elevasi dasar alur (pada kedalaman minimum), (m);
 - LLWL adalah elevasi muka air pada surut terendah (± 0,00), (m);
 - dn adalah kedalaman alur nominal, (m);
 - df adalah draft kapal pada muatan penuh, (m);
 - gl adalah gerakan kapal akibat gelombang, (m);
 - rb adalah ruang bebas di bawah kapal, (m).
- gl+rb bisa diambil = 50% df

5.1.2 Lebar minimum alur pelayaran

Lebar minimum alur ini sangat tergantung pada ukuran kapal, kecepatan arus di muara, keadaan gelombang dan kepandaian nelayan dalam melakukan manuver. Bruun (1985) memperkenalkan rumus sederhana untuk menentukan lebar alur minimum, yaitu sebagai berikut.

- a) Untuk lalu lintas satu jalur

$$Wn \geq 4,8 B \dots\dots\dots (2a)$$

b) Untuk lalu lintas dua jalur

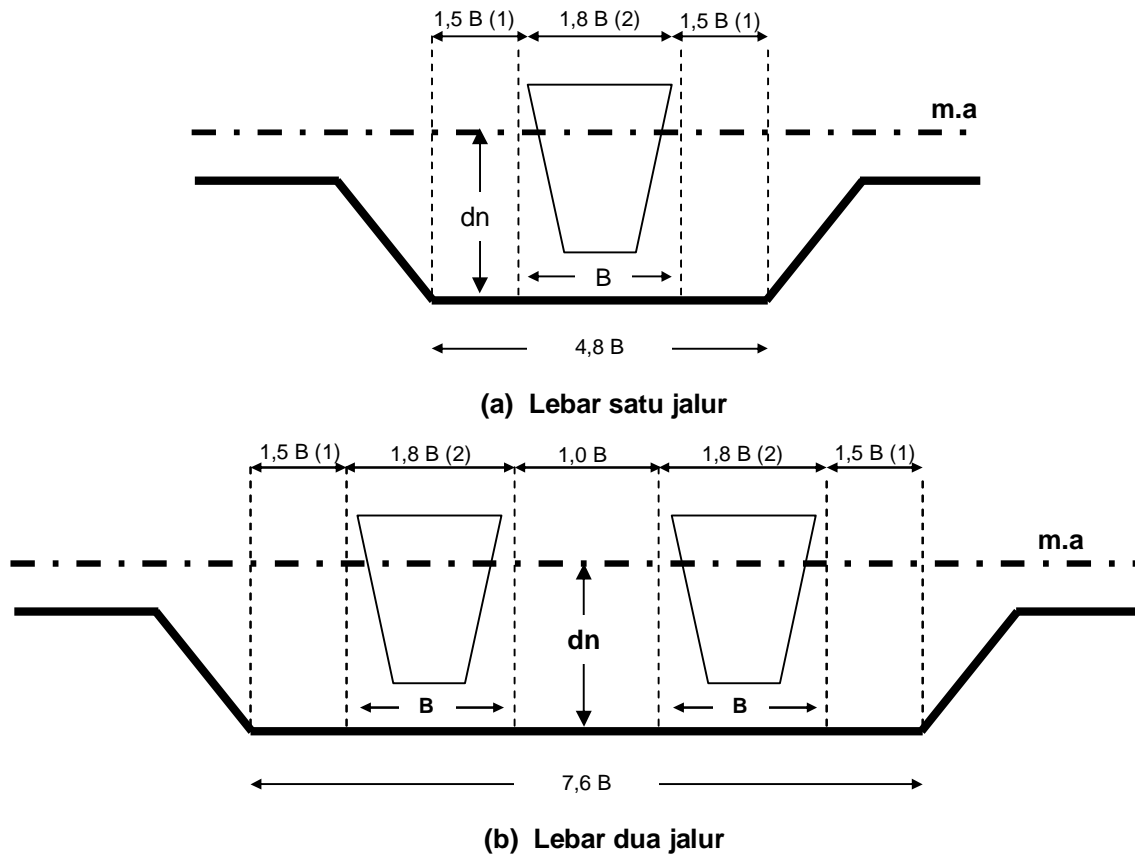
$$W_n \geq 7,6 B \dots\dots\dots (2b)$$

dengan:

W_n adalah lebar alur minimum, (m);

B adalah lebar kapal yang berukuran terbesar, (m).

Pada Gambar 4a dan 4b diperlihatkan sketsa penampang melintang alur.



Catatan :

- (1) lebar keamanan 1,5 B
- (2) jalur gerak 1,8 B
- (3) lebar kamanan antara kapal 1,0 B

Gambar 4 Sketsa penampang melintang alur sungai

5.2 Luas penampang muara

Luas penampang muara secara alamiah tergantung pada prisma pasang surut. Lebar alur pelayaran buatan dapat ditentukan dengan rumus-rumus empiris. Berikut ini beberapa rumus empiris yang sering digunakan dalam perhitungan luas penampang muara.

5.2.1 Rumus O'Brein

Pendekatan untuk menentukan ukuran penampang muara telah diusulkan oleh *O'Brien* (1969) yaitu dengan membuat rumus hubungan antara prisma pasang surut (P) yang melewati muara tersebut dengan ukuran penampang muara. Rumus ini dikembangkan berdasarkan teori keseimbangan. Arus yang terjadi karena perbedaan tinggi permukaan air (karena adanya pasang surut) di teluk atau lagon dengan laut akan membentuk alur secara alamiah yang luasnya tergantung pada prisma pasang surut di lokasi tersebut. Rumus ini lalu dikembangkan lagi oleh *Jarrett* (1976) dengan menggunakan data inlet yang terdapat di pantai Atlantik, Gulf, dan Pasifik. Hasilnya adalah sebagai berikut.

$$A = 1,58 \cdot 10^{-4} P^{0,95} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

- A adalah luas penampang aliran minimum di muara yang diukur di bawah MSL, (m²);
- P adalah prisma pasang surut, (m³).

5.2.2 Rumus Jepang

Pendekatan lain dalam penentuan ukuran lebar dan dalam alur pelayaran ialah dengan menggunakan cara Jepang yang menggunakan dua rumus, yaitu sebagai berikut.

$$b_2 = 0,67 b_1 \dots\dots\dots (4a)$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{-0,69} \dots\dots\dots (4b)$$

dengan:

- b₁ adalah lebar sungai bagian hulu, (m);
- b₂ adalah lebar alur pelayaran, (m);
- d₁ adalah kedalaman rerata sungai di bagian hulu, (m);
- d₂ adalah kedalaman rerata di alur pelayaran, (m).

5.3 Lebar alur

Khusus untuk muara sungai yang tidak dipergunakan untuk alur pelayaran maka lebar alur antara dua jeti diusahakan sama dengan lebar normal sungai. Jika muara sungai tersebut digunakan untuk pelayaran, ukuran geometris lebar alur dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$A = W_h \{ (MSL - LLWL) + d_n \} \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

- A adalah luas penampang aliran menurut *Jarrett*, (m²);
- W_h adalah lebar hidraulik alur sungai, (m);
- MSL adalah muka air laut rerata, (m);
- LLWL adalah muka air surut terendah, (m);
- d_n adalah kedalaman alur pelayaran nominal, (m).

Lebar hidraulik alur sungai (W_h) ini lalu dibandingkan dengan lebar alur untuk keperluan pelayaran (W_n). Bila hasilnya :

- a) W_h ≥ W_n : desain lebar hidraulik alur sungai dapat dipakai sebagai lebar desain (*Final Design*);
- b) W_h ≤ W_n : perlu adanya kompromi antara pemakaian alur untuk pelayaran dengan keperluan perbaikan muara sungai. Jika hal ini terjadi perlu adanya pengetatan persyaratan pelayaran dan penggerusan yang diizinkan di antara dua bangunan jeti.

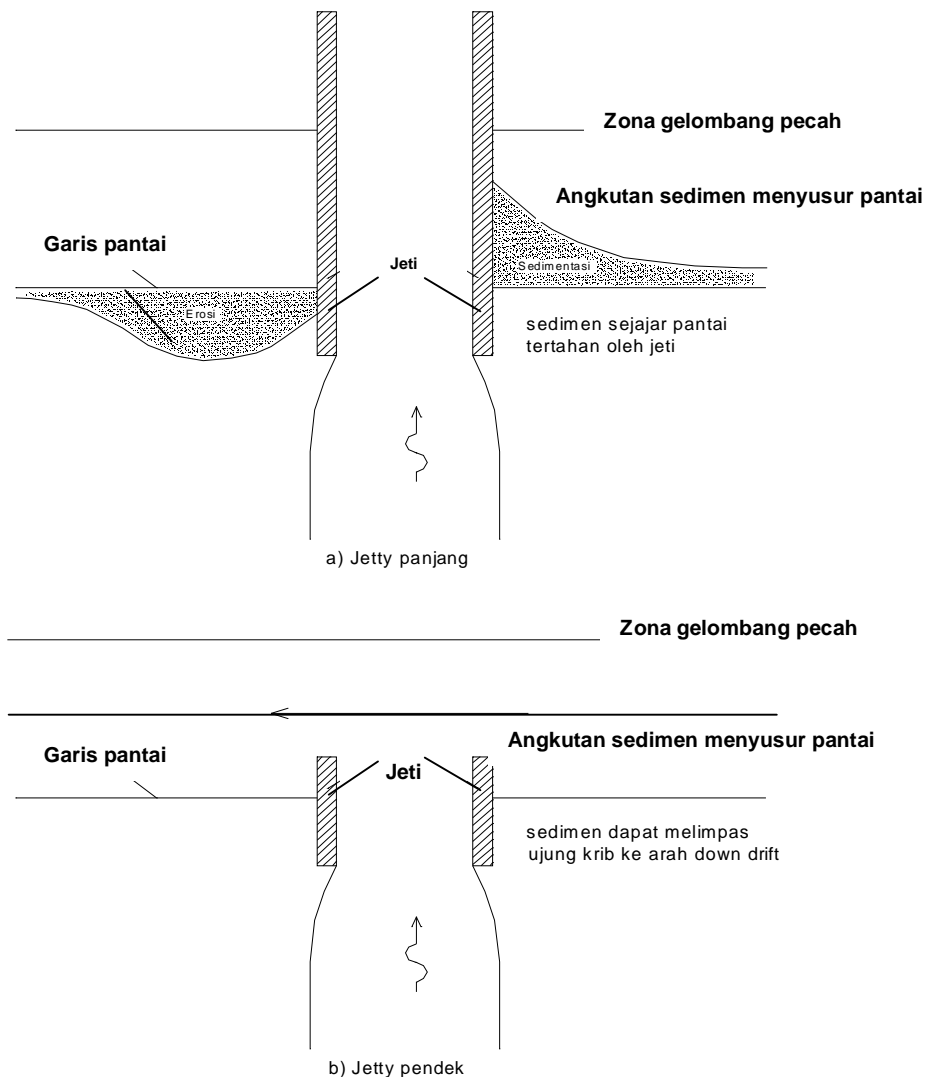
5.4 Panjang dan arah jeti

5.4.1 Panjang bangunan jeti

Panjang bangunan jeti sangat ditentukan oleh untuk tujuan apa bangunan jeti tersebut dibuat. Di bawah ini diberikan tiga jenis jeti yang disesuaikan dengan tujuan pembangunan jeti tersebut.

- a) **Jeti panjang**
Bangunan jeti dibuat cukup panjang, menjorok ke laut sampai jauh di luar daerah gelombang pecah. Dengan bangunan sejajar ini, muara akan terlindung dari gerakan pasir/lumpur menyusur pantai.
- b) **Jeti pendek**
Bangunan jeti biasanya dibuat sampai kedalaman $\pm 0,00$ LWS. Tujuan utama sistem jeti ini ialah untuk stabilisasi muara, yaitu supaya muara tidak berpindah-pindah tempat.
- c) **Jeti sedang**
Bangunan jeti biasanya dibuat sampai batas luar daerah *breaker zone* pada saat muka air surut (LLWL). Keuntungan jeti ini adalah dapat mengurangi kelemahan pada kedua bangunan jeti sebelumnya dan bangunan jeti ini sangat cocok untuk pantai dengan arah datang gelombang yang tegak lurus dengan pantai.

Pada Gambar 5a dan 5b disajikan secara skematis denah dan potongan-potongan melintang jeti. Perhitungan kedalaman air pada saat gelombang pecah ini dilakukan pada saat kondisi air surut (LLWL) dan tinggi gelombang pecah yang diambil sama dengan tinggi gelombang rencana. Dengan demikian, dapat ditentukan lokasi ujung bangunan jeti (bagian kepala), yaitu pada kedalaman tersebut (minimum).



Gambar 5 Denah jeti panjang (a) dan jeti pendek (b)

5.4.2 Panjang minimum bangunan jeti tanpa pengerukan alur saat surut terendah (LLWL)

Sebagai pedoman awal untuk menentukan kedalaman ketika material belum bergerak atau tidak terjadi angkutan material, dapat dipergunakan kriteria gelombang pecah. Rumus yang paling sederhana untuk menentukan kedalaman saat terjadi gelombang pecah adalah

$$d_b = 0,78 H_b \quad \dots\dots\dots (6)$$

dengan:

d_b adalah kedalaman air pada saat gelombang pecah, (m);

H_b adalah tinggi gelombang pecah, (m).

Panjang minimum jeti ditentukan pada lokasi gelombang pecah (d_b) atau sesuai dengan jarak gelombang pecah dari garis pantai (lihat Lampiran B, B.1, butir b), 3), (a).

Elevasi mercu bangunan jeti dapat ditentukan sebagai berikut :

$$EL_{\text{mercu}} = HHWL + R \quad \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

EL_{mercu} adalah elevasi mercu bangunan jeti, (m);

HHWL adalah muka air pasang tertinggi, (m);

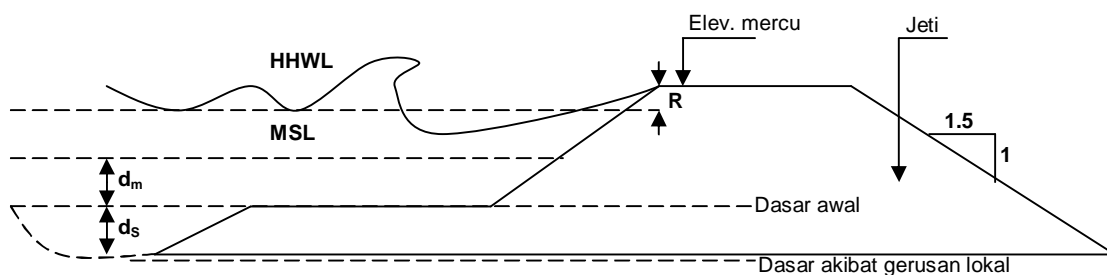
R adalah tambahan ketinggian yang besarnya, yaitu :

1,00 meter pada bagian pangkal dan tengah;

1,50 meter untuk bagian ujung (kepala).

Untuk lokasi yang mempunyai angkutan pasir sangat besar, nilai R minimum diambil sama dengan tinggi gelombang rencana (H_{rencana}). Jika R terlalu kecil, pasir akan masuk ke alur lewat mercu bangunan jeti pada saat terjadi gelombang besar (lewat proses *overtopping*) sehingga dapat menutup alur tersebut.

Untuk mengantisipasi terbentuknya *dunes* akibat pengaruh angin yang kencang, elevasi mercu diperhitungkan terhadap geomorfologi daerah dengan mengukur ketinggian *dunes* yang pernah terbentuk sehingga bangunan tidak akan tertimbun pasir. Pada Gambar 6 disajikan sketsa elevasi mercu jeti terhadap MSL.



Gambar 6 Elevasi mercu jeti dan gerusan lokal di kaki jeti

5.5 Kedalaman gerusan lokal

Bangunan jeti harus aman terhadap gerusan lokal, terutama pada saat terjadi banjir. Karena sulitnya menaksir kedalaman gerusan tersebut, bangunan pelindung kaki sangat dianjurkan untuk dibuat. Beberapa rumus yang dapat dipergunakan untuk menaksir kedalaman gerusan lokal telah disajikan dalam banyak literatur, tetapi yang sama persis dengan permasalahan yang terdapat di bangunan jeti tidaklah ada. Pada umumnya, gerusan lokal disebabkan oleh dua hal, yaitu sebagai berikut.

1) Gerusan akibat aliran air

Gerusan akibat aliran air dapat diperkirakan dengan berbagai rumus dan yang paling sederhana adalah :

$$d_s = 2 d_m \quad \dots\dots\dots (8a)$$

atau

$$\frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{-c} \quad \dots\dots\dots (8b)$$

dengan:

d_s adalah kedalaman gerusan lokal di bawah MSL, (m);

d_m adalah kedalaman alur rerata di bawah MSL, (m);

d_1 adalah kedalaman aliran normal, (m);

d_2 adalah kedalaman aliran di daerah penyempitan, (m);

b_1 adalah lebar alur normal, (m);

b_2 adalah lebar alur pada daerah penyempitan, (m);

c adalah koefisien (0,65 - 0,86)

2) Gerusan akibat hempasan gelombang

Kedalaman gerusan ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$d_s = k H \quad \dots\dots\dots (9)$$

dengan:

d_s adalah kedalaman gerusan akibat gelombang, (m);

H adalah tinggi gelombang rencana, (m);

k adalah koefisien yang besarnya berkisar antara 0,4 s.d. 0,8.

Desain fondasi harus diperhitungkan dengan kedalaman gerusan yang terjadi. Untuk menghindari penggalian fondasi yang terlalu dalam, kaki bangunan jeti dapat diberi bangunan pelindung kaki. Dengan adanya bangunan pelindung kaki, jika terjadi gerusan di depan pelindung, konstruksi lapis lindung akan turun dan melindungi fondasi bangunan jeti.

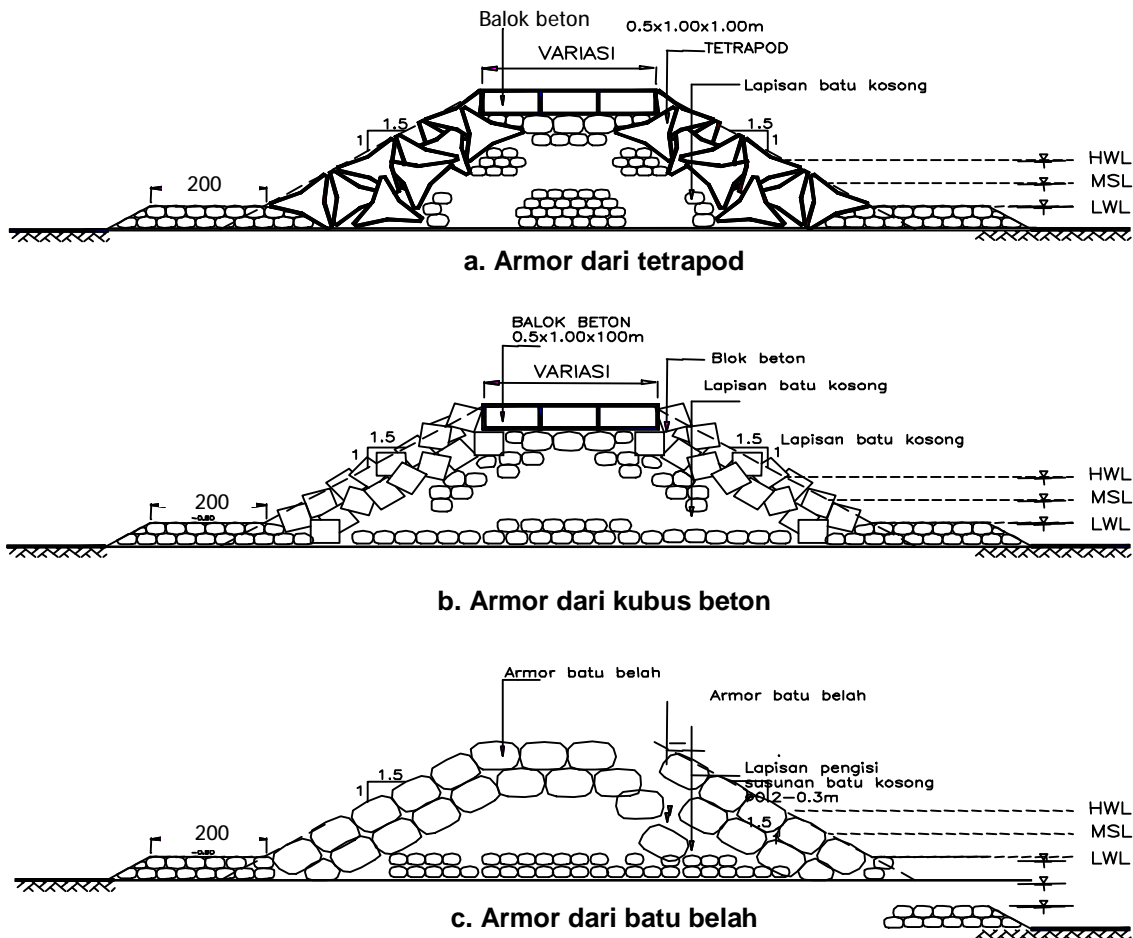
5.6 Penyaluran debit banjir

Bangunan jeti harus direncanakan dapat menyalurkan debit banjir rencana yang dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan pengendalian banjir di bagian hulu sungai (*upstream*). Karena debit banjir yang dialirkan biasanya jauh lebih besar daripada kapasitas alur di antara bangunan jeti, air banjir sebagian akan melimpas lewat mercu bangunan jeti. Oleh karena itu, konstruksi mercu harus dibuat cukup kuat terhadap limpasan air banjir ini. Dalam perbaikan muara sungai kecil, debit banjir-rencana disarankan menggunakan debit banjir dengan kala ulang 20 tahunan (Q_{20th}).

6 Jeti tipe *rubble mound*

Jeti tipe *rubble mound* tidak masif merupakan jeti dengan lapisan pelindung luar yang disebut dengan armor, lapisan dibawahnya dikenal dengan lapisan pengisi. Pada bagian dasarnya berupa lapisan pondasi.

Pada Gambar 7a, 7b dan 7c disajikan contoh potongan melintang jeti tipe *rubble mound* dengan armor batu kosong, tetrapod dan kubus.



Gambar 7 Konstruksi jeti tipe *rubble mound*

6.1 Data yang diperlukan dan jenis armor

1) Data yang diperlukan

Data yang diperlukan untuk merencanakan bangunan pengamanan pantai tipe *rubble mound* meliputi:

- a) data topografi dan bathimetri;
- b) data hidro-oceanografi (gelombang, angin, pasang surut dan arus);
- c) data geologi dan mekanika tanah;
- d) data perahu dan kapal;
- e) data hidrometri.

2) Jenis armor

Jenis armor yang dapat digunakan sebagai armor antara lain:

- a) batu bulat halus;
- b) batu bulat kasar;
- c) blok beton berbentuk kubus dipasang secara acak;
- d) blok beton berbentuk kubus dipasang secara teratur;
- e) blok beton tetrapod.

Armor dari batu lebih murah dibandingkan dengan blok-blok beton. Namun apabila diperlukan diameter yang besar, armor dari batu sulit diperoleh. Oleh karena itu sebagai alternatif sering dipergunakan blok beton.

6.2 Stabilitas armor

Untuk menentukan dimensi armor dipergunakan rumus *Hudson* sebagai berikut.

$$W = \frac{\rho_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \dots\dots\dots (10)$$

$$S_r = \frac{\rho_r}{\rho_w} \dots\dots\dots (11)$$

dengan:

- W adalah berat satuan lapisan pelindung (kg atau ton)
- ρ_r adalah massa jenis batu (kg/m^3 atau ton/m^3)
- ρ_w adalah massa jenis air laut (kg/m^3 atau ton/m^3), dapat diambil sebesar $1,025 \text{ kg/m}^3$
- H adalah tinggi gelombang rencana (m)
- θ adalah sudut kemiringan sisi pemecah gelombang ($^\circ$)
- K_D adalah koefisien stabilitas armor yang tergantung dari jenis lapis pelindung; jumlah lapisan (n_t); penempatan (acak atau khusus); bagian bangunan (lengan atau ujung); kondisi gelombang (pecah atau tidak pecah) dan kemiringan talud ($\cotg \theta$), yang disajikan pada Tabel 1.

Diameter untuk jenis armor digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Untuk batu belah, diameter (D)} = \sqrt[3]{\frac{W}{\rho_r}} \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{Untuk kubus dimensi sisi-sisi (S)} = \sqrt[3]{\frac{W}{\rho_r}} \dots\dots\dots (13)$$

Berbagai jenis armor seperti batu belah, kubus ataupun tetrapod dapat digunakan untuk bagian struktur kepala dan badan untuk kondisi gelombang pecah dan tidak pecah.

Perhitungan dimensi armor batu belah bulat kasar untuk bagian kepala dan badan dengan $\rho_r = 2600 \text{ kg/m}^3$, dapat dilakukan dengan cara yang sama menggunakan hasil perhitungan pada Tabel A.4 Lampiran A.

Dimensi armor dari batu belah bulat kasar dengan $\rho_r = 2600 \text{ kg/m}^3$ dan $\rho_r = 2700 \text{ kg/m}^3$ disajikan pada Lampiran A Gambar A.4 sampai dengan A.19, sedangkan untuk perhitungan dimensi kubus dan tetrapod dengan $\rho_r = 2400 \text{ kg/m}^3$ disajikan pada Gambar A.20 sampai dengan A.31. Untuk memudahkan dalam penggunaan gambar-gambar tersebut disajikan pada Tabel A.5 Lampiran A.

Tabel 1 Koefisien stabilitas K_D untuk berbagai jenis butir

Lapis Lindung	n_t	Penempatan	Lengan (badan) Bangunan Gelombang		Ujung (kepala) Bangunan Gelombang		Kemiringan
			Pecah	Tidak Pecah	Pecah	Tidak Pecah	
			Batu Pecah Bulat halus	2	Acak	1,2	
Bulat kasar	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	
Bersudut kasar	1	Acak	*1	2,9	*1	2,3	
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9 1,6 1,3	3,2 2,8 2,3	1,5 2,0 3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	*2
Bersudut kasar Paralelepiped	2	Khusus *3	5,8	7,0	5,3	6,4	*2
Tetrapod dan Quadripod	2	Khusus	7,0 – 20	8,5 – 24	-	-	-
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	7,0	8,0	5,0 4,5 3,5	6,0 5,5 4,0	1,5 2,0 3,0
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,3 7,8 6,0	9,0 8,5 6,5	1,5 2,0 3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0 7,0	16,0 14,0	2,0 3,0
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	*2
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	*2
Tribar	2	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	*2
Batu pecah (KRR) (graded angular)	1	Acak	2,2	2,5	-	-	-
Blok beton bergigi	1	Khusus	12 – 14	16 – 18	-	-	2

Sumber : *Shore Protection Manual* (SPM), 1984.

CATATAN :

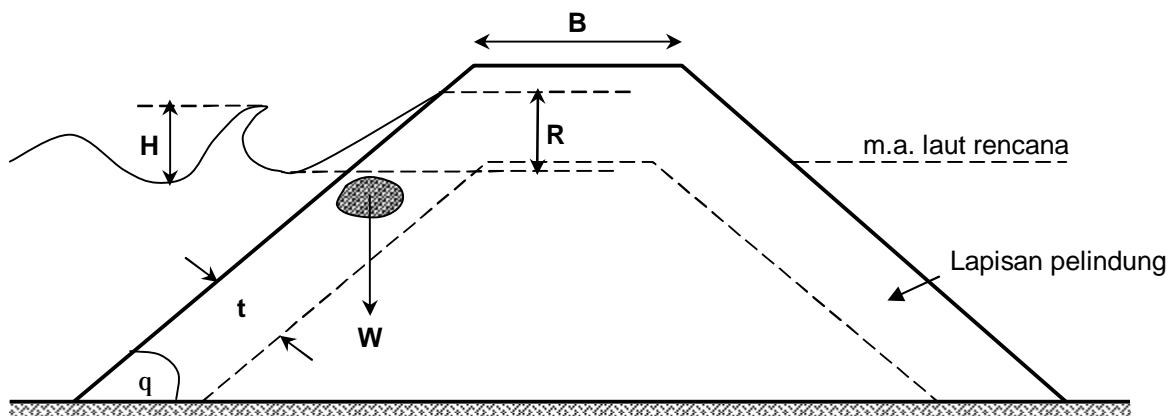
n_t = Jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung

*1 = Penggunaan $n = 1$ tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah

*2 = Sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan K_D dibatasi pada kemiringan 1:1,5 sampai 1 : 3

*3 = Batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan

Pada Gambar 8 disajikan sketsa potongan melintang struktur tipe *rubble mound*.

Gambar 8 Sketsa potongan melintang struktur tipe *rubble mound*

Mengingat dimensi armor dan batu tidak bisa seragam (sama dimensinya), maka berat batu untuk armor diperkenankan antara $0,75 W$ sampai $1,25 W$, dengan perbandingan 50% dari batu tersebut lebih berat dari W . Pada struktur tipe *rubble mound*, dibawah lapisan armor dipasang pengisi (2 lapis).

6.3 Lebar mercu

Lebar mercu jeti dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$B = n_p k_{\Delta} \left[\frac{W}{\rho_r} \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (14)$$

dengan:

B adalah lebar mercu (m)

n_p adalah jumlah butir batu (n minimum = 3)

k_{Δ} adalah koefisien lapis

W adalah berat satuan lapisan pelindung (kg atau ton)

ρ_r adalah massa jenis batu (kg/m^3 atau ton/m^3)

6.4 Tebal lapisan pelindung

Tebal lapisan pelindung dan jumlah butir tiap satu luasan diberikan oleh rumus berikut.

$$t = n_t k_{\Delta} \left[\frac{W}{\rho_r} \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (15)$$

$$N = A n_t k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\rho_r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (16)$$

dengan:

t adalah tebal lapis pelindung (m)

n_t adalah jumlah susunan lapis batu dalam lapis pelindung

k_{Δ} adalah koefisien lapis

A adalah luas permukaan (m^2)

P adalah Porositas rerata dari lapis pelindung (%)

N adalah jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan A

ρ_r adalah massa jenis batu (kg/m^3 atau ton/m^3)

Pada Tabel 2 disajikan nilai K_{Δ} untuk beberapa jenis armor.

Tabel 2 Daftar nilai K_{Δ}

Batu Pelindung	n_t	Penempatan	Koef. Lapis (k_{Δ})	Porositas P (%)
Batu alam (halus)	2	R (a)	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	R (a)	1,15	37
Batu alam (kasar)	>3	R (a)	1,10	40
Kubus	2	R (a)	1,10	47
Tetrapod	2	R (a)	1,04	50
Quadripod	2	R (a)	0,95	49
Hexapod	2	R (a)	1,15	47
Tribard	2	R (a)	1,02	54
Dolos	2	R (a)	1,00	63
Tribar	2	Seragam	1,13	47
Batu alam	1	R (a)		37

Sumber : *Shore Protection Manual (SPM)*, 1984.

6.5 Spesifikasi armor

Untuk memudahkan dalam mendesain unit armor dan struktur tipe *rubble mound*, telah dibuat spesifikasi armor antara lain : tetrapod, quadripod, tribar, dolos, kubus dan batu pecah. Spesifikasi untuk armor tetrapod, quadripod, dolos disajikan dalam Tabel A.1 s.d. Tabel A.3 dan bentuknya masing-masing pada Gambar A.1 s.d. Gambar A.3.

6.6 Rayapan

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (*run up*) pada permukaan bangunan (lihat Gambar 9). Elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan tergantung pada rayapan yang diijinkan. Rayapan tergantung pada bentuk dan kekerasan bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan dan karekteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya rayapan sangat sulit ditentukan secara analitis.

Berbagai penelitian tentang rayapan gelombang telah dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian tersebut berupa grafik yang dapat digunakan untuk menentukan tinggi rayapan. (Gambar A.33, Lampiran A) adalah hasil percobaan laboratorium yang dilakukan oleh *Irribaren* untuk menentukan besar rayapan gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai tipe material, sebagai fungsi bilangan *Irribaren* untuk berbagai jenis lapis lindung. Bilangan *Irribaren* dirumuskan sebagai berikut.

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{(H / L_o)^{0.5}} \dots\dots\dots (17)$$

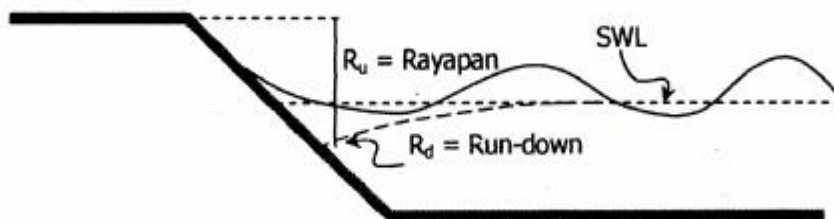
dengan:

- I_r adalah bilangan *Irribaren*
- θ adalah sudut kemiringan sisi pemecah gelombang (der)
- H adalah tinggi gelombang di lokasi bangunan (m)
- L_o adalah panjang gelombang di laut dalam (m) = $1,56 T^2$ (17a)

T : periode gelombang (m/d) yang diperoleh dari data pengukuran atau ramalan.

Tinggi rayapan : RU

Untuk memperoleh Ru dipergunakan grafik pada Gambar A.33 Lampiran A. Dengan diketahuinya bilangan *Irribarens* (I_r), maka dari grafik Gambar A.33 dapat diketahui harga R_u/H sehingga R_u dapat diketahui yang tergantung dari harga H.



Gambar 9 Contoh sketsa rayapan

7 Perubahan garis pantai

7.1 Perubahan garis pantai *up-drift* jeti

Perhitungan ini dimaksudkan untuk menentukan majunya pantai di *up-drift* dari jeti yang merupakan fungsi dari waktu (t), besarnya sudut datang gelombang pecah (α_b) dan besarnya angkutan pasir menyusur pantai per tahun (S_o / th). Perhitungan ini dikenalkan oleh *Pelnard Considere* (Peerbolte, 1981)

Majunya garis pantai dirumuskan sebagai berikut.

$$y_{(x,t)} = a_b \cdot A \sqrt{\frac{4 \cdot a \cdot t}{p}} \dots\dots\dots (18)$$

dengan:

- $y_{(x,t)}$ adalah majunya garis pantai pada lokasi x dari jeti pada tahun ke t, saat pembangunan jeti t = 0 (m)
- α_b adalah sudut datang gelombang pecah (rad)
- t adalah waktu peninjauan (s)
- a adalah $S_o / (\alpha_b \cdot h)$
- h adalah tebal lapisan pasir yang bergerak (m)
- A adalah $[e^{-\mu^2} - \pi \sqrt{x} \operatorname{erfc}(\mu)]$
- P_0 adalah pantai/*berm* saat t = 0
- P_1 adalah garis pantai/*berm* saat t tahun
- K_0 adalah kaki pantai saat t = 0
- K_1 adalah kaki pantai saat t tahun
- m adalah kemiringan pantai muka

Harga A tergantung dari harga μ , jika:

$$\mu = \frac{x}{\sqrt{4at}} \dots\dots\dots (19)$$

pada x = 0 (pada lokasi jeti), $\mu = 0$, A = 1

$$y_{(0,t)} = \alpha_b \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot a \cdot t}{\pi}} \dots\dots\dots (20)$$

$$a = \frac{S_o}{\alpha_b \cdot h}$$

$$y_{(0,t)} = \sqrt{\frac{\alpha_b^2 \cdot 4 \cdot S_o \cdot t}{\alpha_b \cdot \pi \cdot h}}$$

$$y_{(0,t)} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_o \cdot \alpha_b \cdot t}{\pi \cdot h}}$$

Saat jeti dengan panjang tertentu penuh dengan endapan disebut t_L . Mulai saat itu sedimen/pasir melimpas melalui ujung jeti. Volume angkutan sedimen/pasir yang melimpas ujung jeti setiap tahun disebut S_m . Hubungan antara t/t_L dan S_m/S_o dan parameter perubahan garis pantai disajikan pada Tabel 3.

Untuk $t/t_L > 1,5$ harga S_m/S_o dapat dihitung dengan rumus :

$$S_m = S_o \left[1 - \frac{2}{p \sqrt{t/t_L - 0,38}} \right] \dots\dots\dots (21)$$

Tabel 3 Parameter perubahan garis pantai dan hubungan antara t/t_L dan S_m/S_0

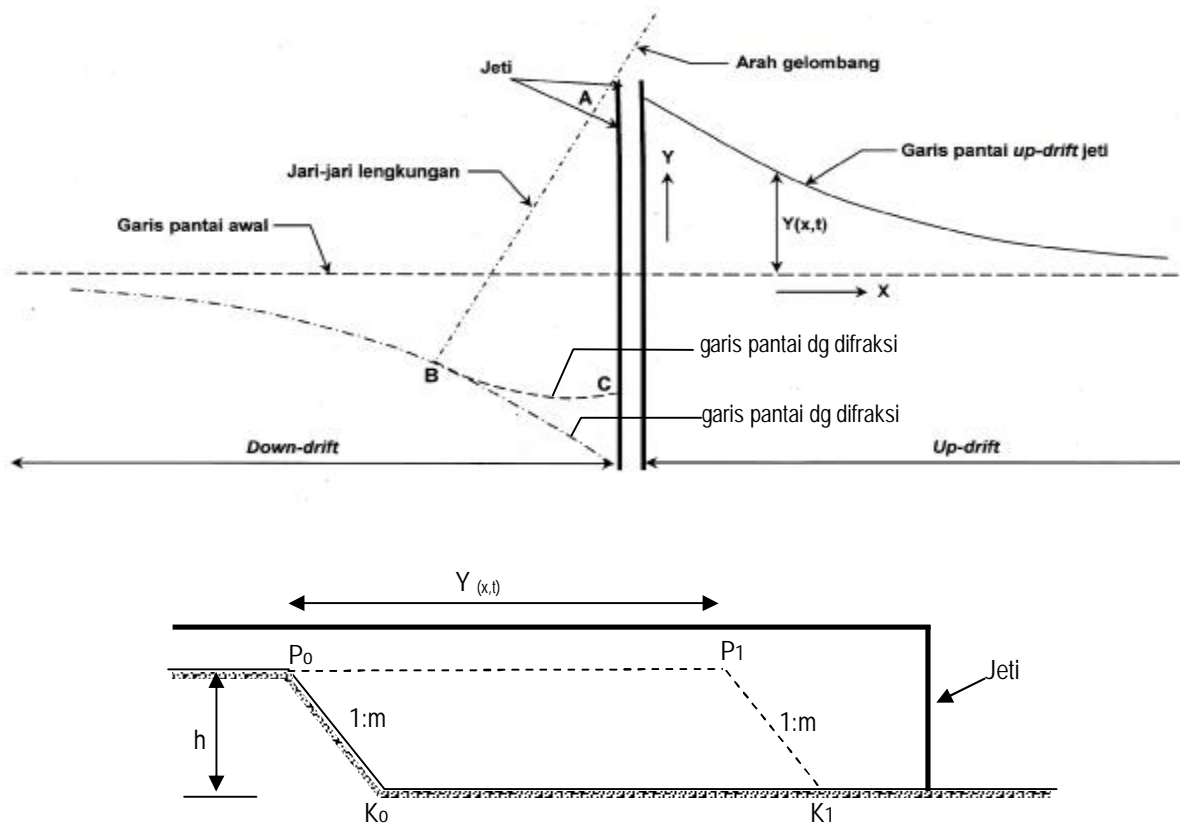
μ	A	μ	A	t/t_L	S_m/S_0
0	1,000	0,90	0,1209	1,00	0
0,10	0,8327	1,00	0,0890	1,25	0,298
0,20	0,6852	1,25	0,0388	1,50	0,394
0,30	0,5569	1,5	$1,529 \times 10^{-2}$	2,00	0,499
0,40	0,4469	1,75	$5,418 \times 10^{-3}$	3,00	0,606
0,50	0,3538	2,0	$1,726 \times 10^{-4}$	4,00	0,665
0,60	0,2764	2,50	$1,208 \times 10^{-4}$	5,00	0,704
0,70	0,2128	3,00	$5,581 \times 10^{-6}$		
0,80	0,1616	3,50	$1,759 \times 10^{-7}$		

7.2 Perubahan garis pantai *down-drift* jeti

Untuk garis pantai di *down-drift* dari jeti dapat dihitung dengan bantuan paket program (misal: program GENESIS). Namun untuk pendekatan secara grafis garis pantai dapat *down-drift* dianggap ekuivalen dengan bentuk garis pantai *up-drift* berdasarkan perhitungan metode *Pelnard-Considerere*. Garis pantai equivalent ini dengan anggapan tidak ada pengaruh difraksi gelombang akibat adanya jeti.

Dengan memperhitungkan adanya difraksi gelombang, maka garis pantai di sebelah hilir jeti merupakan garis lengkung yang dimulai dari perpotongan antara arah gelombang dan garis pantai di *down-drift* tanpa difraksi. Jari-jari lengkung adalah garis hubung antara ujung jeti (A) dengan titik perpotongan arah gelombang dengan garis pantai *down-drift* (B). Dalam penggambaran sedimentasi di *up-drift* dan erosi di *down-drift* jeti skala x (arah sejajar pantai) harus sama dengan skala y (arah tegak lurus pantai).

Pada Gambar 10 disajikan sketsa perubahan garis pantai *up-drift* dan *down-drift* jeti.

**Gambar 10** Perubahan garis pantai *up-drift* dan *down-drift* jeti

8 Tahapan perhitungan perencanaan jeti tipe *rubble mound*

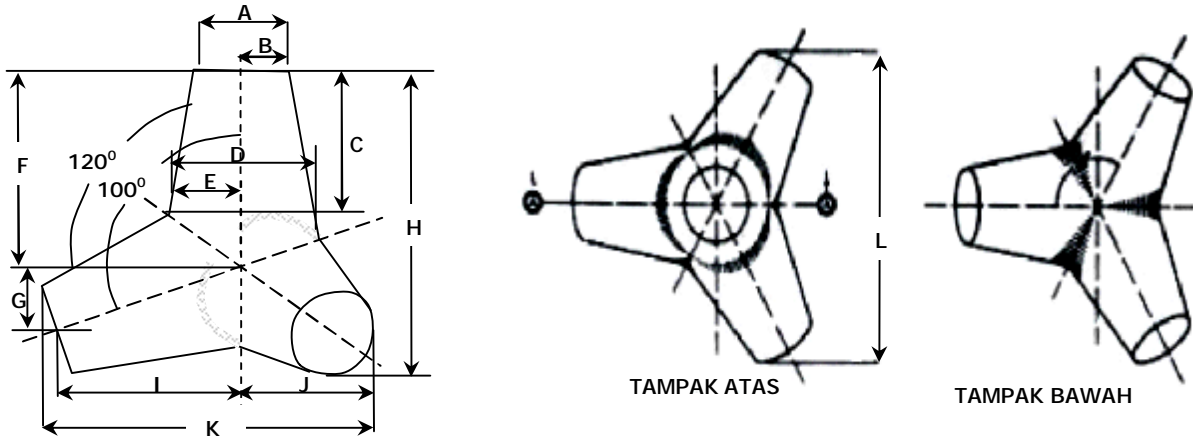
Perhitungan perencanaan jeti tipe *rubble mound* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- a) Kumpulkan data
 - 1) data pantai
 - (1) kemiringan muka pantai;
 - (2) kemiringan damping pantai;
 - (3) posisi *berm* pantai dari HWL;
 - (4) tebal lapisan pasir yang bergerak (h).
 - 2) data sungai
 - (1) debit banjir periode ulang 20 tahun (Q_{20});
 - (2) kemiringan dasar sungai;
 - (3) lebar rata-rata sungai bagian hulu;
 - (4) kedalaman rata-rata hulu sungai terhadap MSL.
 - 3) data hidro oceanografi
 - (1) tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T);
 - (2) kondisi gelombang (pecah atau tidak pecah);
 - (3) pasang surut (HHWL, MSL, LLWE);
 - (4) sudut datang gelombang pecah (α_b);
 - (5) angkutan pasir menyusur pantai.
 - 4) data perahu
 - (1) draf perahu (df);
 - (2) panjang perahu (Lo_a);
 - (3) lebar perahu (B).
- b) Analisis dan desain hidraulik perbaikan muara sungai
 - 1) kedalaman minimum alur pelayaran,
 - 2) lebar minimum alur pelayaran,
 - 3) panjang minimum bangunan jeti tanpa pengerukan alur.
- c) Hitung dimensi armor
 - 1) dimensi armor dari batu belah pada bagian kepala dan badan dengan menggunakan grafik pada Gambar A.4 sampai dengan A.19 Lampiran A;
 - 2) periksa apakah armor hasil perhitungan mudah diperoleh di tempat, bila tidak, ganti armor dengan armor dari blok beton (misalnya kubus atau tetrapod), menggunakan grafik Gambar A.20 sampai dengan A.27 pada Lampiran A.
- d) Hitung dimensi jeti
 - 1) lebar mercu;
 - 2) dimensi lapisan kedua;
 - 3) dimensi lapisan pengisi;
 - 4) tinggi rayapan;
 - 5) gerakan lokal.
- e) Hitung dan gambar perubahan garis pantai *updrift* dan *down drift* jeti.
- f) Gambar denah dan potongan melintang jeti.

Lampiran A
(normatif)

Spesifikasi Armor dan Grafik

A.1 Spesifikasi armor (tetrapod, quadripod dan dolos)



Gambar A.1 Armor tetrapod

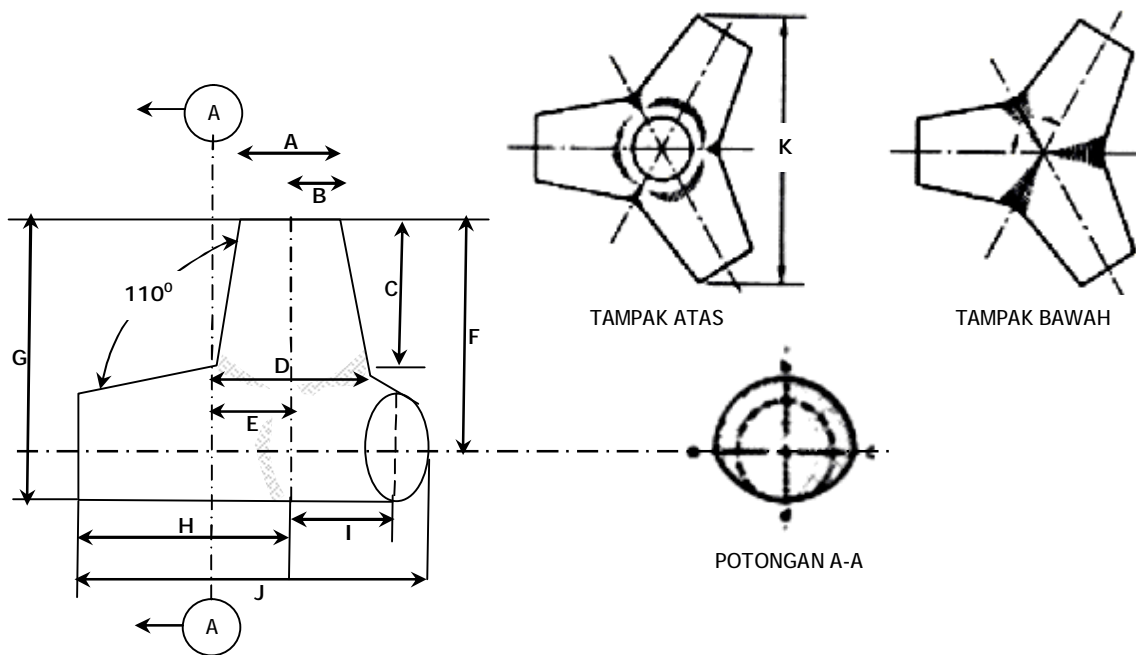
Tabel A.1 Spesifikasi armor tetrapod

Volume satuan unit armor (m³)

Berat jenis armor	0,20	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	15,00
kg/m ³	Berat satuan unit armor (ton)										
2400	0,48	1,20	2,40	4,80	7,20	9,60	14,40	19,20	24,00	28,80	36,00
2500	0,50	1,25	2,50	5,00	7,50	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	37,50
2600	0,52	1,30	2,60	5,20	7,80	10,40	15,60	20,80	26,00	31,20	39,00
2800	0,56	1,40	2,80	5,60	8,40	11,20	16,80	22,40	28,00	33,60	42,00
3000	0,60	1,50	3,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00	45,00

Rata-rata ukuran ketebalan dua lapisan ditempatkan secara acak (m)

	1,22	1,65	2,08	2,62	3,00	3,30	3,78	4,16	4,48	4,76	5,13
Simbol	Dimensi unit armor (m)										
a	0,27	0,37	0,46	0,58	0,67	0,73	0,84	0,92	0,99	1,06	1,14
b	0,13	0,18	0,23	0,29	0,33	0,37	0,42	0,46	0,50	0,53	0,57
c	0,43	0,58	0,73	0,92	1,05	1,16	1,32	1,46	1,57	1,67	1,80
d	0,42	0,57	0,72	0,91	1,04	1,14	1,31	1,44	1,55	1,64	1,77
e	0,21	0,29	0,36	0,45	0,52	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,89
f	0,58	0,78	0,98	1,24	1,42	1,56	1,79	1,97	2,12	2,25	2,43
g	0,19	0,26	0,33	0,41	0,47	0,52	0,60	0,66	0,71	0,75	0,81
h	0,89	1,21	1,53	1,93	2,20	2,43	2,78	3,06	3,29	3,50	3,77
i	0,54	0,74	0,93	1,17	1,34	1,47	1,68	1,85	2,00	2,12	2,28
j	0,27	0,37	0,46	0,58	0,67	0,74	0,84	0,93	1,00	1,06	1,14
k	0,98	1,32	1,67	2,10	2,41	2,65	3,03	3,34	3,59	3,82	4,11
l	1,07	1,46	1,84	2,31	2,65	2,91	3,34	3,67	3,96	4,20	4,53



Gambar A.2 Armor quadripod

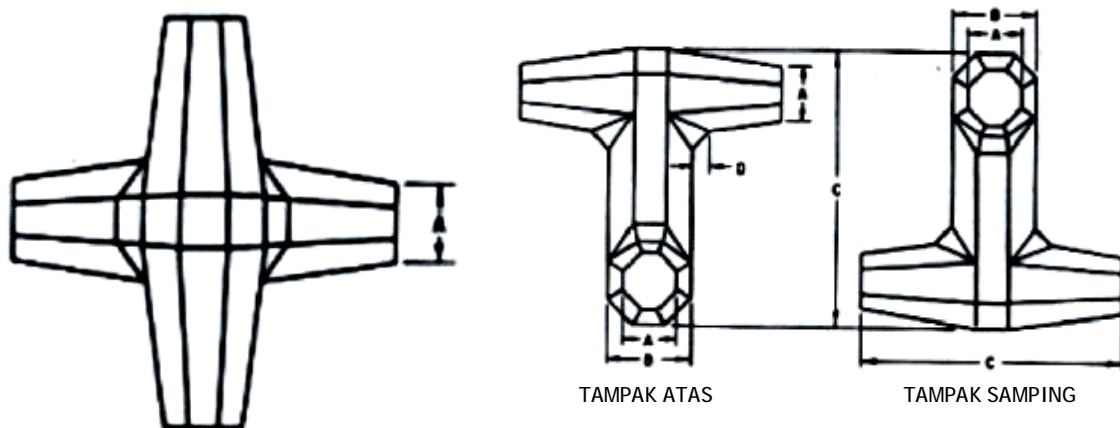
Tabel A.2 Spesifikasi armor quadripod

Berat jenis armor kg/m ³	Volume satuan unit armor (m ³)										
	0,20	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	15,00
	Berat satuan unit armor (ton)										
2400	0,48	1,20	2,40	4,80	7,20	9,60	14,40	19,20	24,00	28,80	36,00
2500	0,50	1,25	2,50	5,00	7,50	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	37,50
2600	0,52	1,30	2,60	5,20	7,80	10,40	15,60	20,80	26,00	31,20	39,00
2800	0,56	1,40	2,80	5,60	8,40	11,20	16,80	22,40	28,00	33,60	42,00
3000	0,60	1,50	3,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00	45,00

Rata-rata ukuran ketebalan dua lapisan ditempatkan secara acak (m)

1,11	1,51	1,90	2,39	2,74	3,01	3,45	3,80	4,09	4,35	4,68
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Simbol	Dimensi unit armor (m)										
a	0,28	0,38	0,48	0,61	0,70	0,77	0,88	0,97	1,04	1,11	1,19
b	0,14	0,19	0,24	0,30	0,35	0,38	0,44	0,48	0,52	0,55	0,60
c	0,39	0,53	0,66	0,84	0,96	1,06	1,21	1,33	1,43	1,52	1,64
d	0,42	0,57	0,72	0,90	1,03	1,14	1,30	1,43	1,54	1,64	1,76
e	0,21	0,28	0,36	0,45	0,52	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,88
f	0,60	0,81	1,02	1,29	1,47	1,62	1,86	2,05	2,20	2,34	2,52
g	0,74	1,00	1,26	1,59	1,82	2,01	2,30	2,53	2,72	2,89	3,12
h	0,60	0,81	1,02	1,29	1,47	1,62	1,86	2,05	2,20	2,34	2,52
i	0,30	0,41	0,51	0,65	0,74	0,81	0,93	1,02	1,10	1,17	1,26
j	1,02	1,38	1,74	2,20	2,51	2,77	3,17	3,49	3,76	3,99	4,30
k	0,95	1,29	1,63	2,05	2,35	2,58	2,96	3,26	3,51	3,73	4,02



Gambar A.3 Armor dolos

Tabel A.3 Spesifikasi armor dolos

Berat jenis armor kg/m ³	Volume satuan unit (m ³)										
	0,20	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	15,00
	Berat satuan unit armor (ton)										
2400	0,48	1,20	2,40	4,80	7,20	9,60	14,40	19,20	24,00	28,80	36,00
2500	0,50	1,25	2,50	5,00	7,50	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	37,50
2600	0,52	1,30	2,60	5,20	7,80	10,40	15,60	20,80	26,00	31,20	39,00
2800	0,56	1,40	2,80	5,60	8,40	11,20	16,80	22,40	28,00	33,60	42,00
3000	0,60	1,50	3,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00	45,00

Rata-rata ukuran ketebalan dua lapisan ditempatkan secara acak (m)

1,10	1,49	1,88	2,37	2,71	2,98	3,41	3,76	4,05	4,30	4,63
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Simbol	Dimensi unit armor (m)										
	A	0,22	0,29	0,37	0,46	0,53	0,58	0,67	0,74	0,79	0,84
B	0,34	0,47	0,59	0,74	0,85	0,94	1,07	1,18	1,27	1,35	1,45
C	1,08	1,46	1,84	2,32	2,66	2,92	3,35	3,68	3,97	4,22	4,54
D	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24	0,26

A.2 Dimensi armor dan daftar gambar

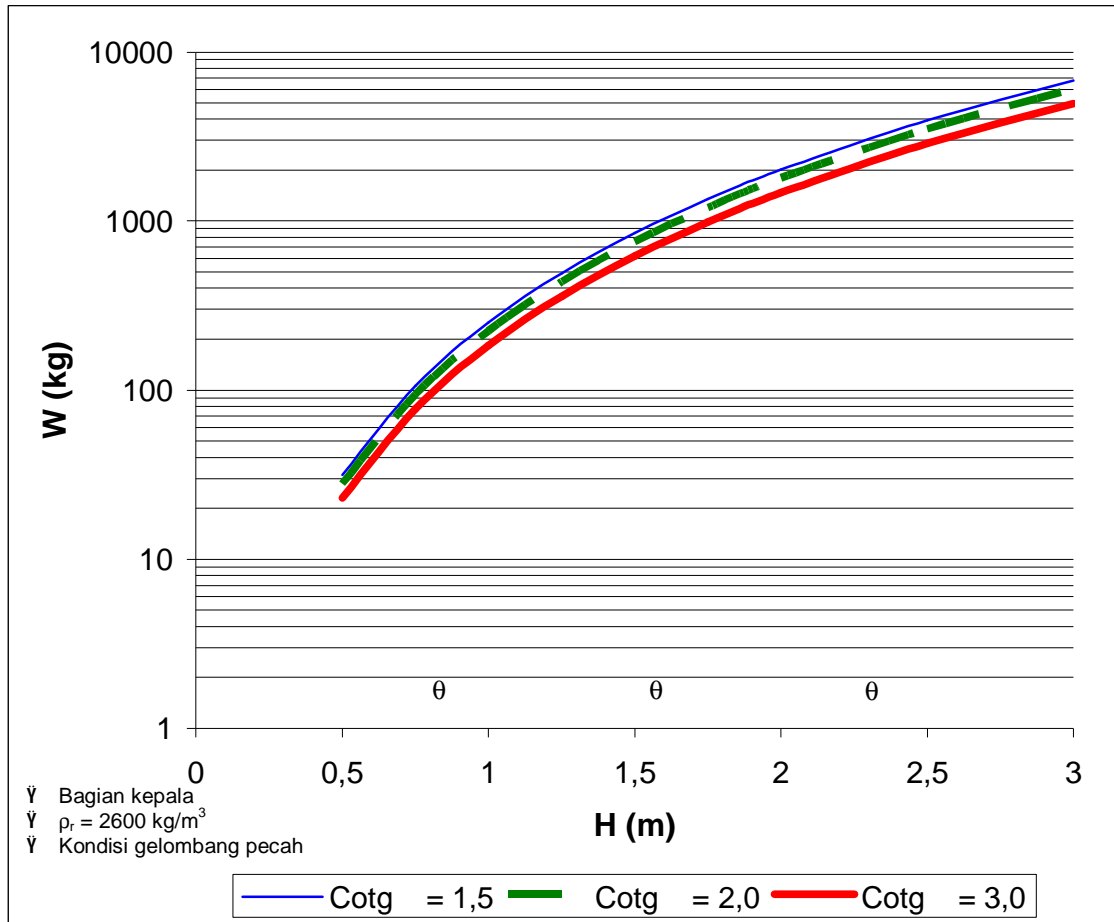
Tabel A.4 Perhitungan dimensi armor dari batu belah bulat kasar bagian kepala, kondisi gelombang pecah

Besaran	H (m)	Cotg q = 1,5 K _D = 1,9		Cotg q = 2,0 K _D = 1,6		Cotg q = 3,0 K _D = 1,3	
		W (kg)	D (m)	W (kg)	D (m)	W (kg)	D (m)
$\rho_r = 2600 \text{ kg/m}^3$ $\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$ $S_r = 2,54$ $D = \sqrt[3]{\frac{W}{2600}}$	0,50	31	0,23	28	0,22	23	0,21
	0,75	106	0,34	94	0,33	78	0,31
	1,00	251	0,46	224	0,44	184	0,41
	1,25	491	0,57	437	0,55	359	0,52
	1,50	849	0,69	756	0,66	620	0,62
	1,75	1348	0,80	1200	0,77	985	0,72
	2,00	2012	0,92	1792	0,8	1470	0,83
	2,50	3929	1,15	3499	1,10	2871	1,03
	3,00	6789	1,38	6047	1,32	4961	1,24

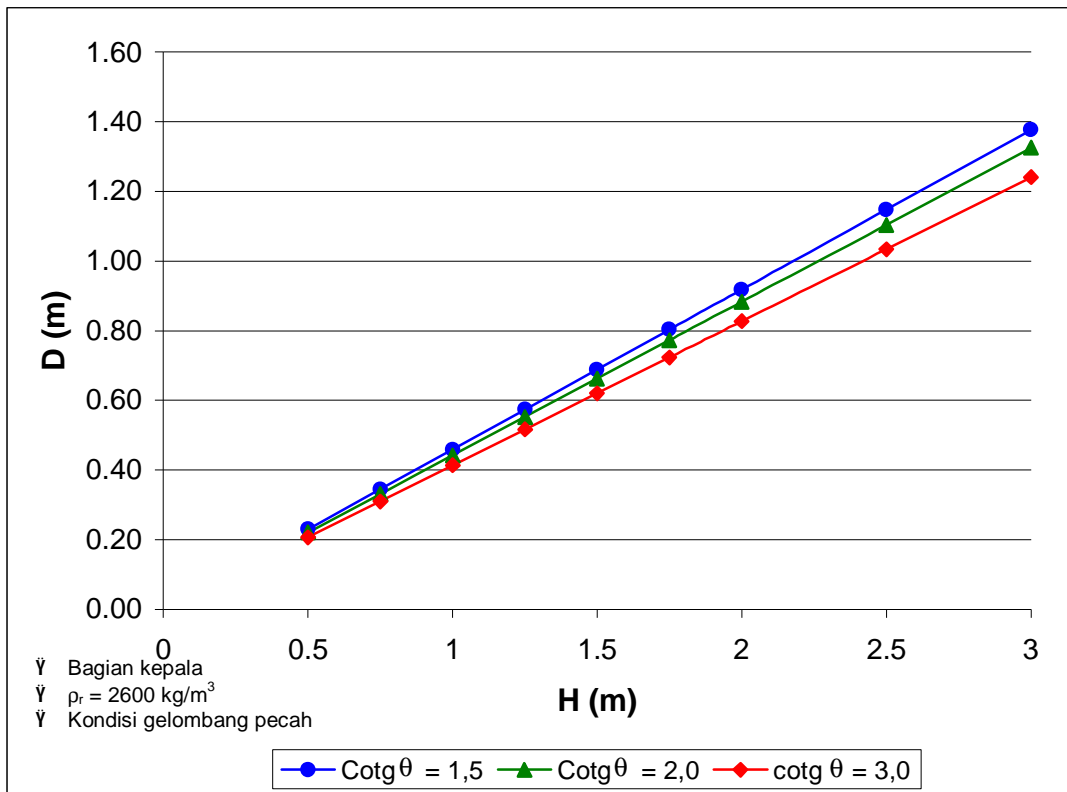
Tabel A.5 Daftar gambar dimensi armor yang merupakan fungsi tinggi gelombang, berat jenis armor dan jenis armor (batu bulat kasar, kubus dan tetrapod)

Jenis Armor	Bagian Struktur	Kondisi Gelombang (Pecah/Tidak Pecah)	r _r (kg/m ³)	Gambar	
				H vs W	H vs D atau H vs S
Batu Belah	Kepala	Pecah	2600	A.4	A.5
	Kepala	Pecah	2700	A.6	A.7
	Kepala	Tidak Pecah	2600	A.8	A.9
	Kepala	Tidak Pecah	2700	A.10	A.11
	Badan	Pecah	2600	A.12	A.13
	Badan	Pecah	2700	A.14	A.15
	Badan	Tidak Pecah	2600	A.16	A.17
	Badan	Tidak Pecah	2700	A.18	A.19
Kubus	Kepala	Pecah	2400	A.20	A.21
	Kepala	Tidak Pecah	2400	A.22	A.23
	Badan	Pecah	2400	A.24	A.25
	Badan	Tidak Pecah	2400	A.26	A.27
Tetrapod	Kepala	Pecah	2400	A.28	-
	Kepala	Tidak Pecah	2400	A.29	-
	Badan	Pecah	2400	A.30	-
	Badan	Tidak Pecah	2400	A.31	-

A.3 Grafik hubungan H, W, D, S untuk jenis batu belah, kubus dan tetrapod



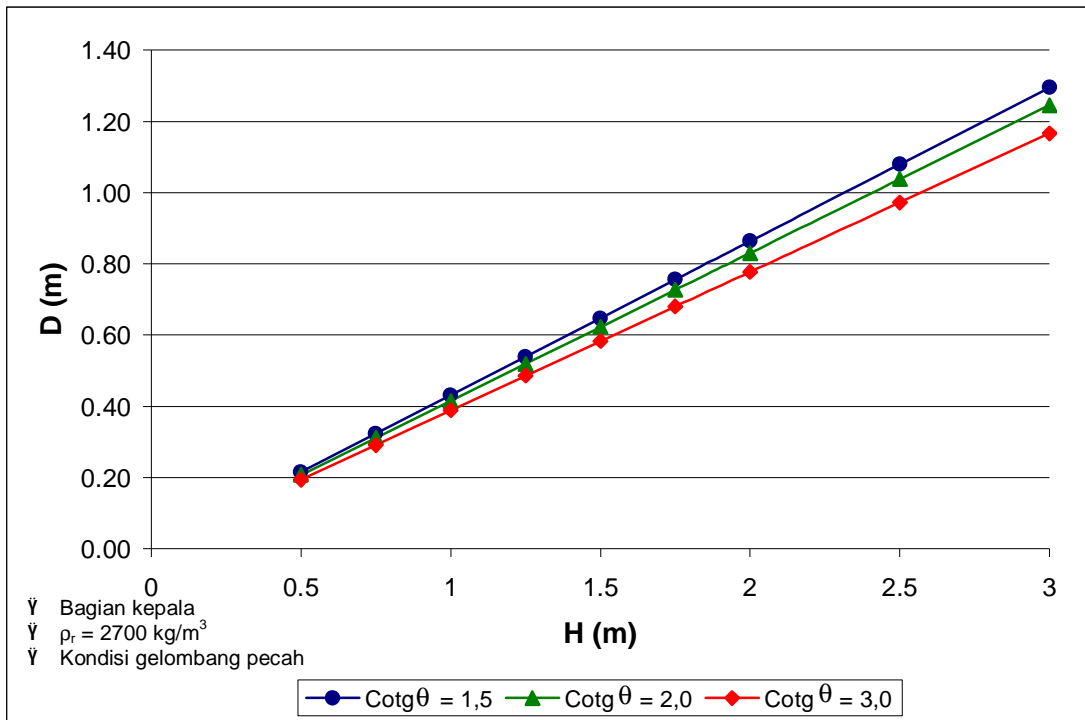
Gambar A.4 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar



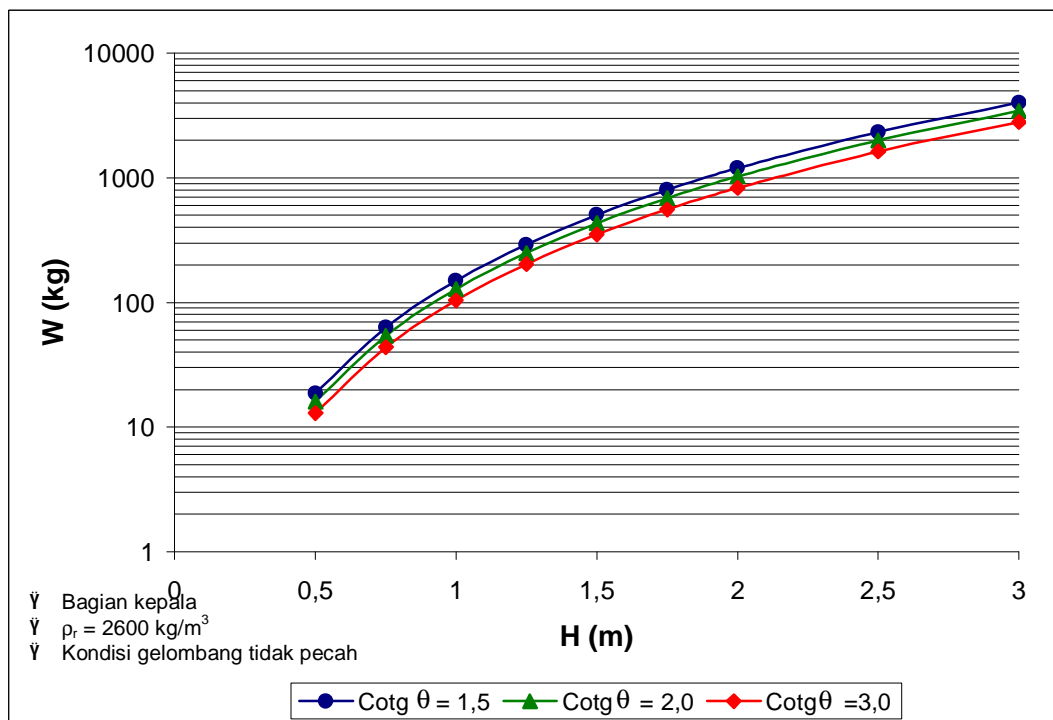
Gambar A.5 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



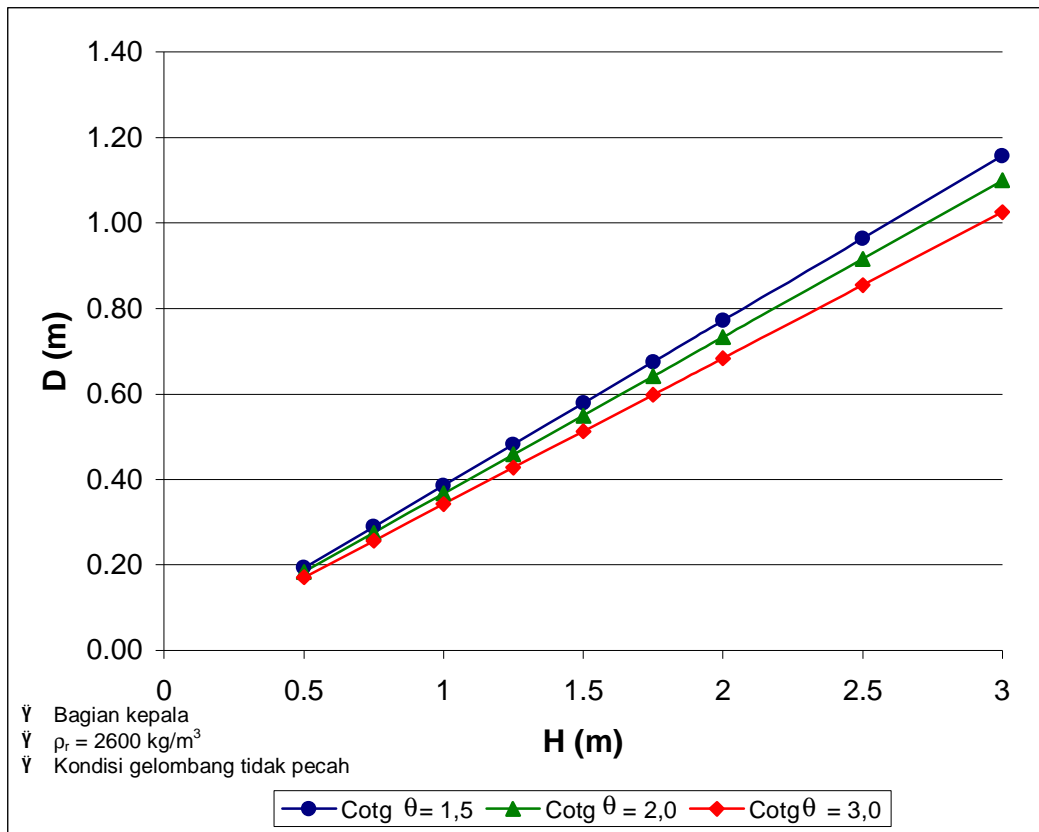
Gambar A.6 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar



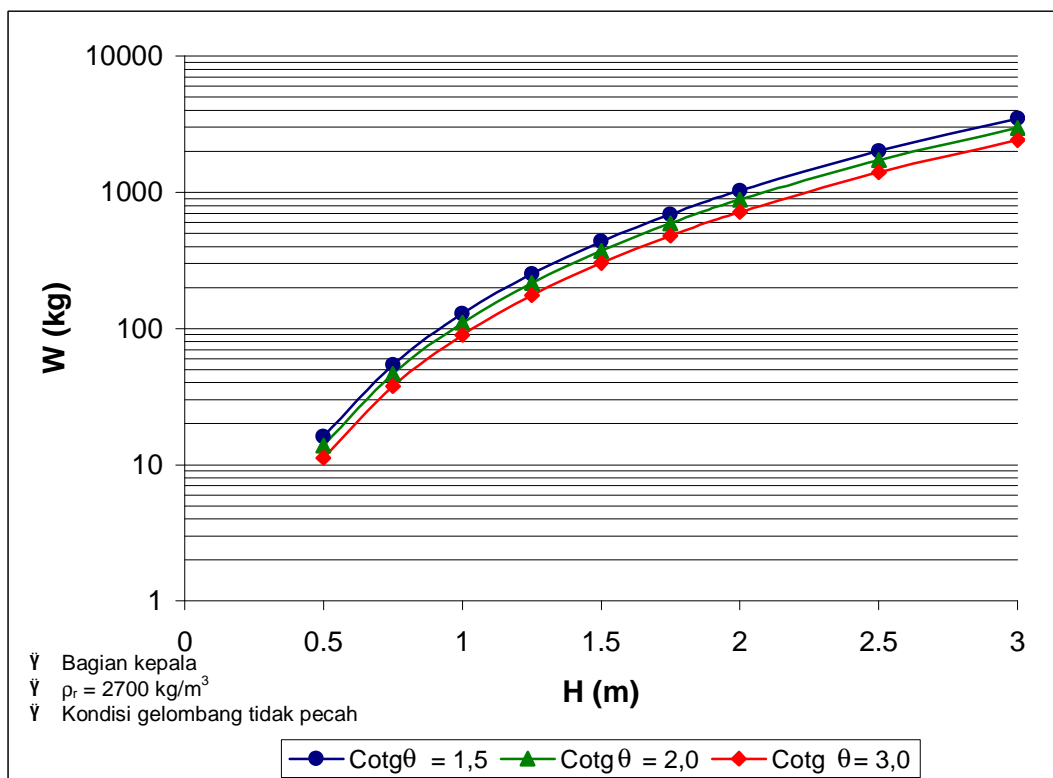
Gambar A.7 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



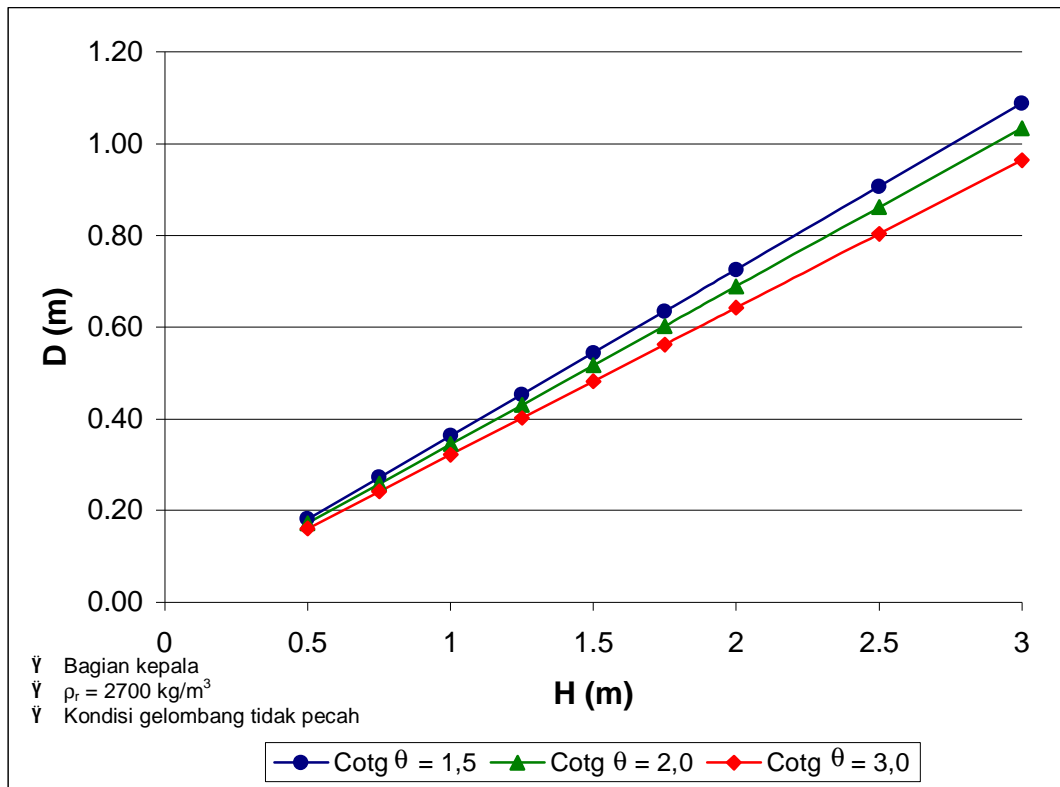
Gambar A.8 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



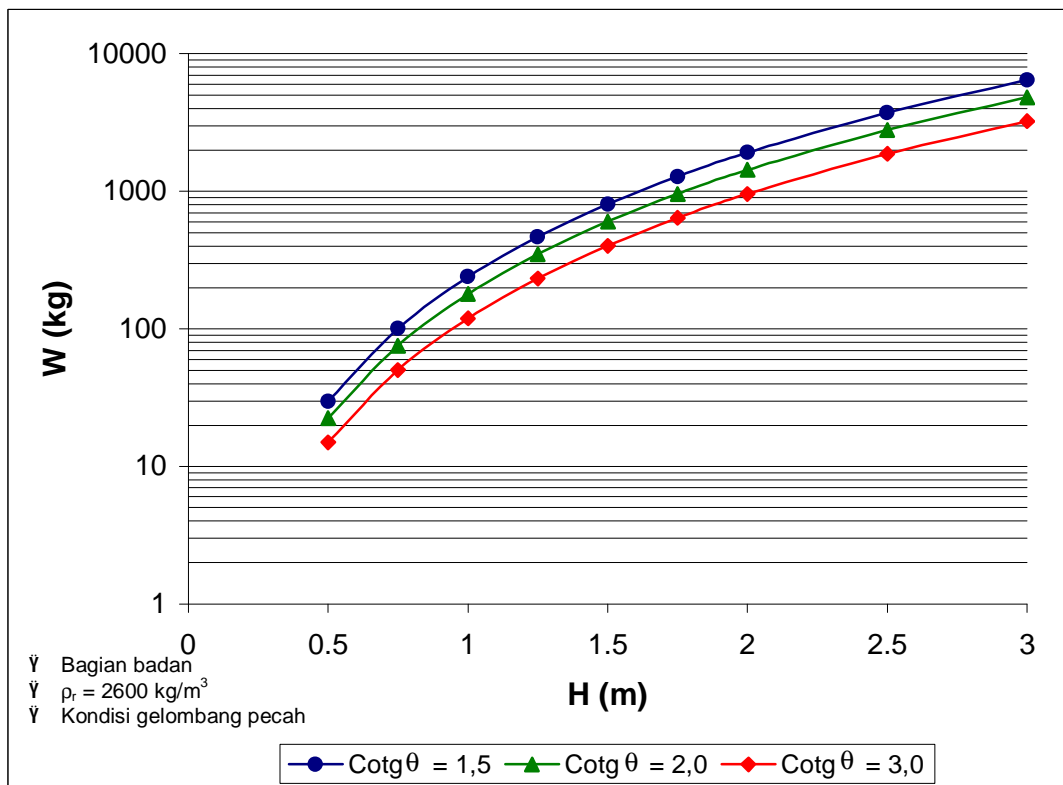
Gambar A.9 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



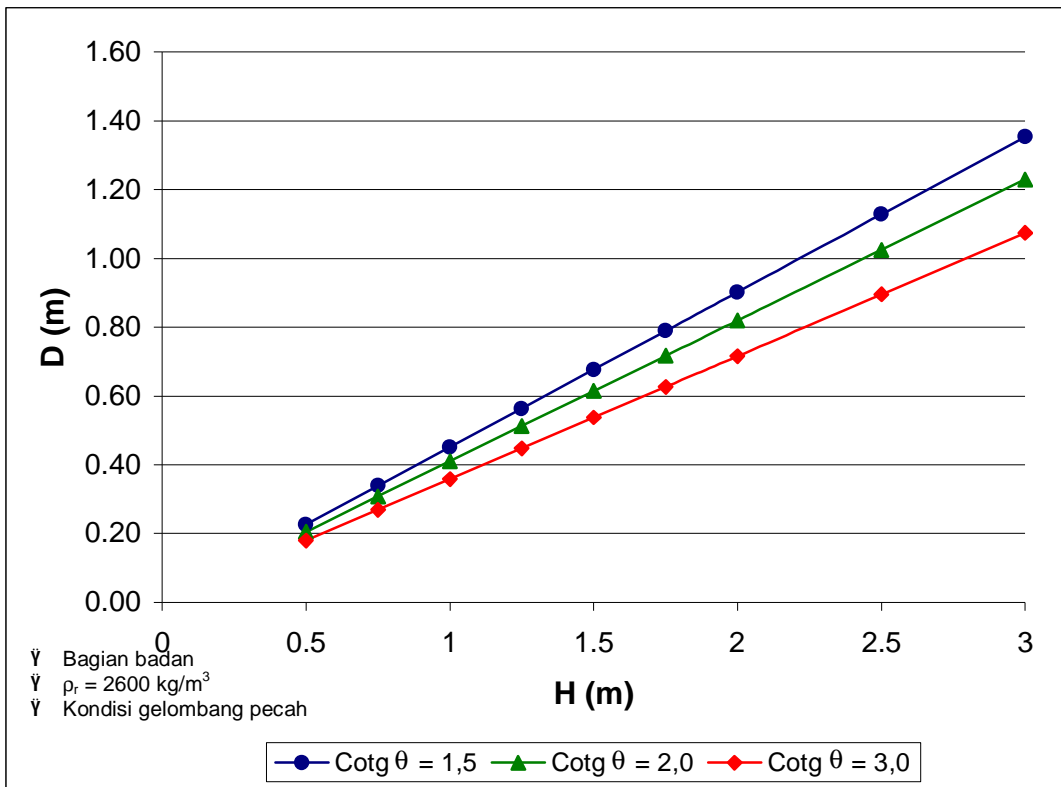
Gambar A.10 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar



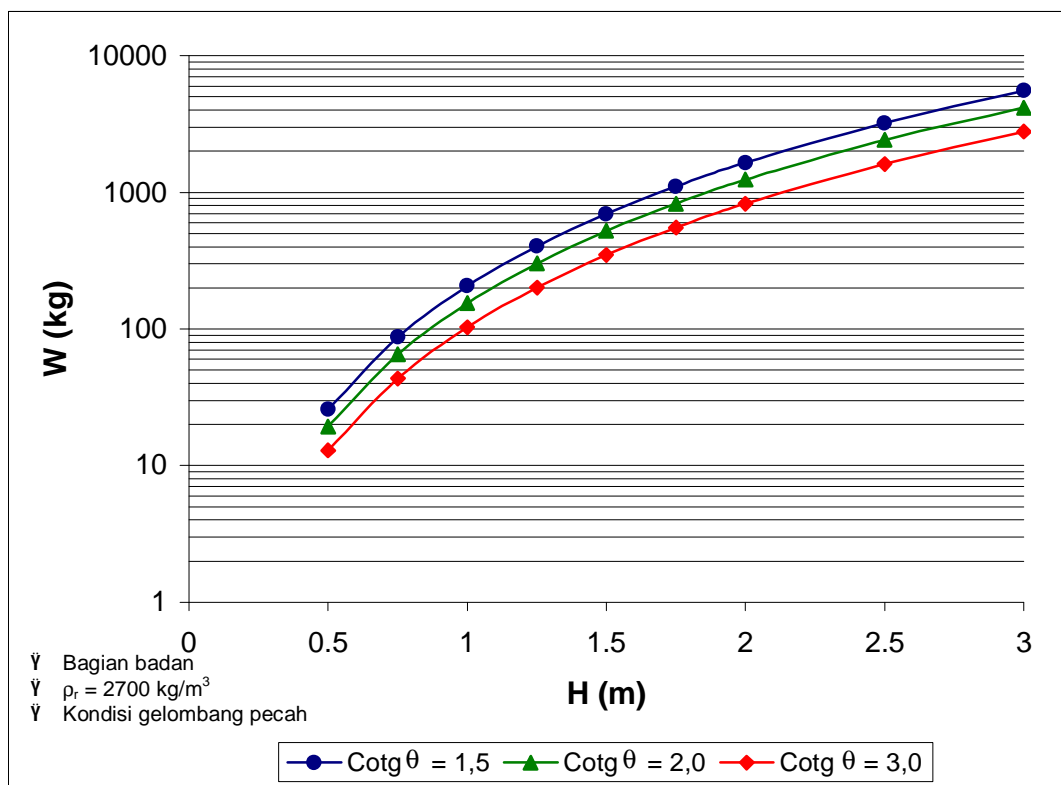
Gambar A.11 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



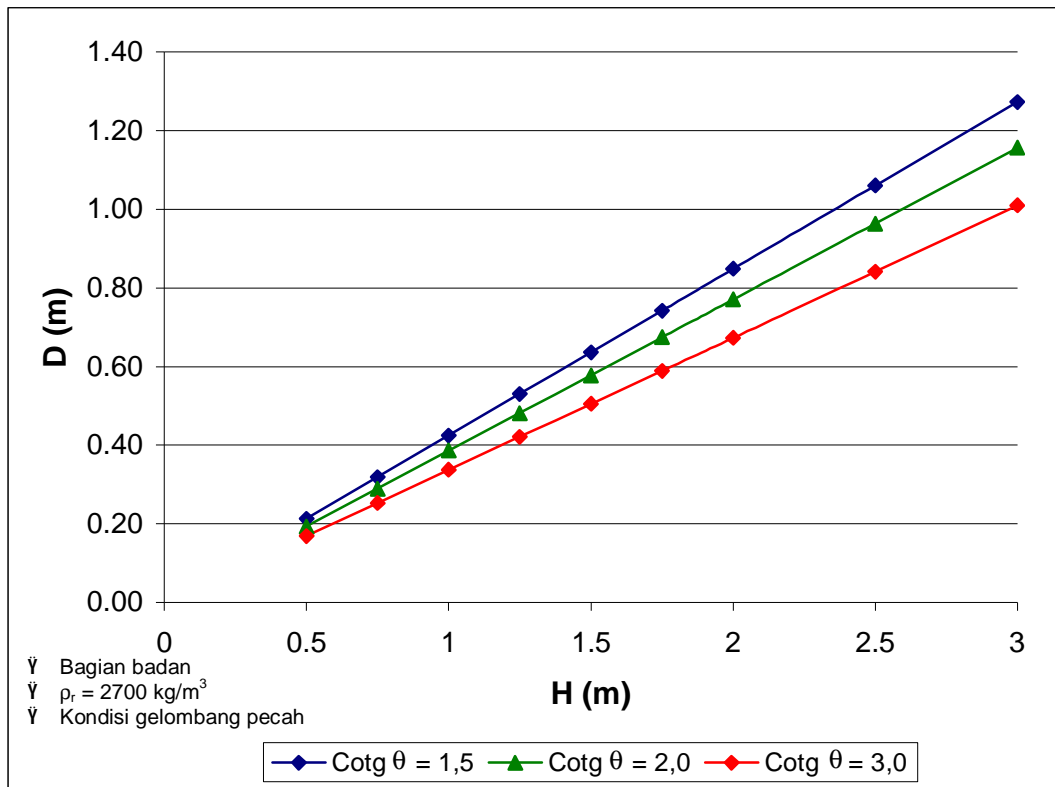
Gambar A.12 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar



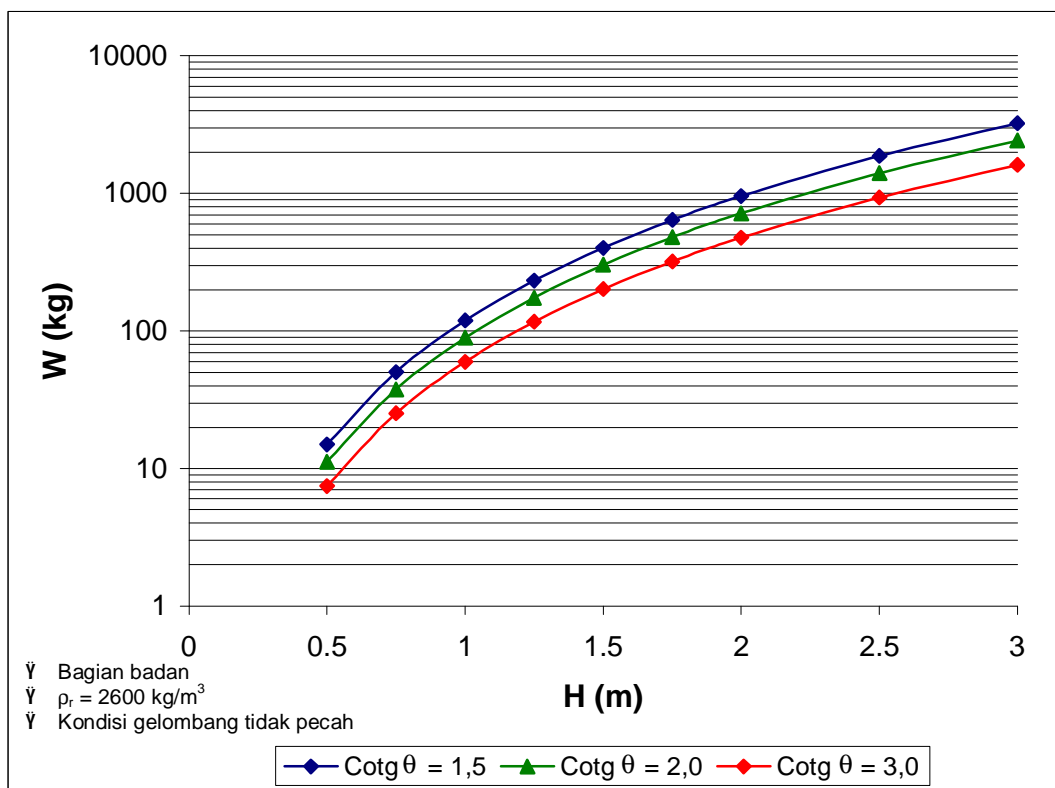
Gambar A.13 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



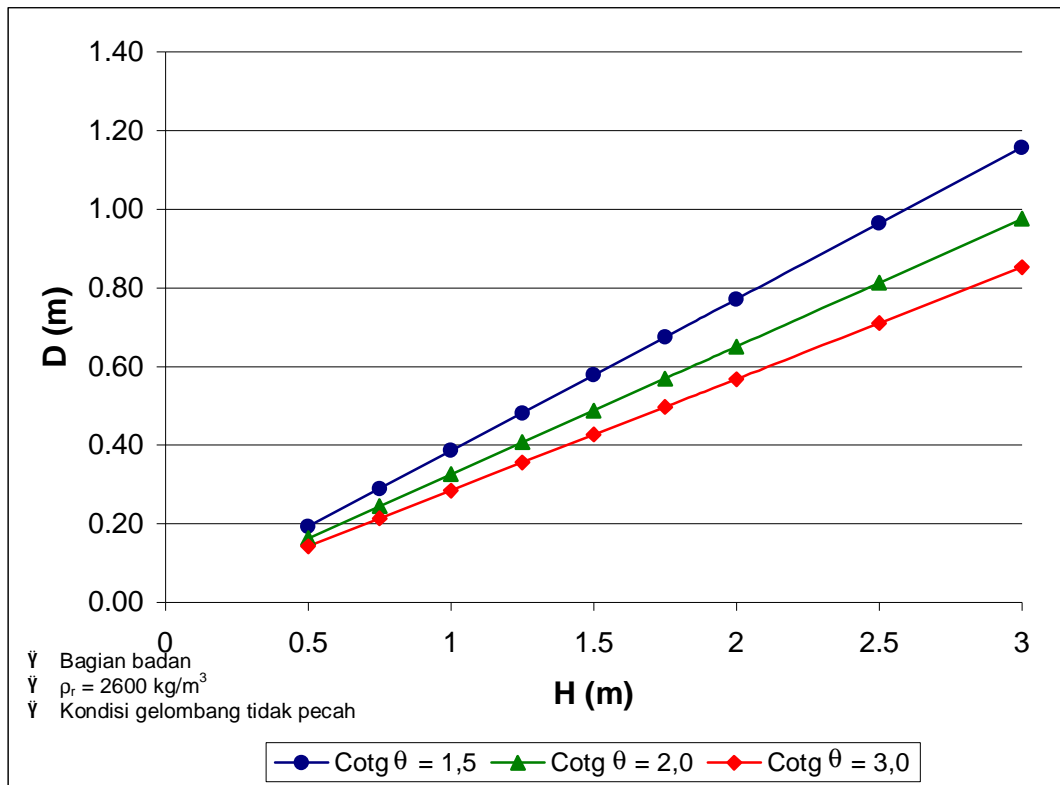
Gambar A.14 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar



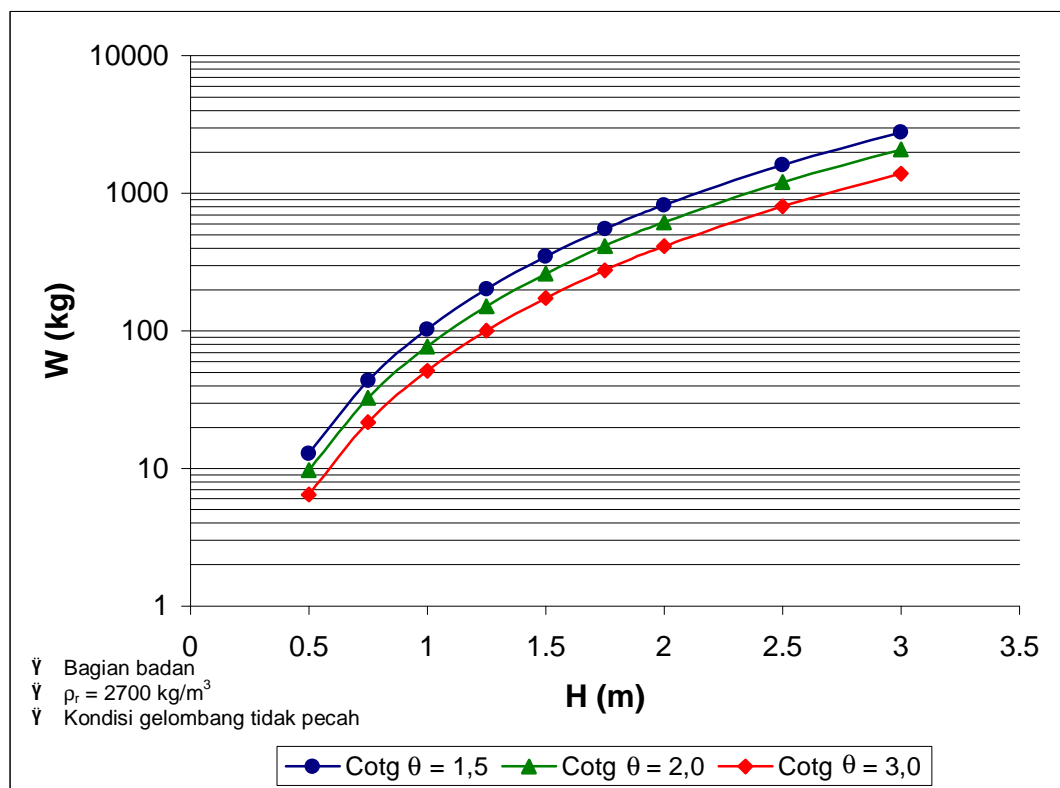
Gambar A.15 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar



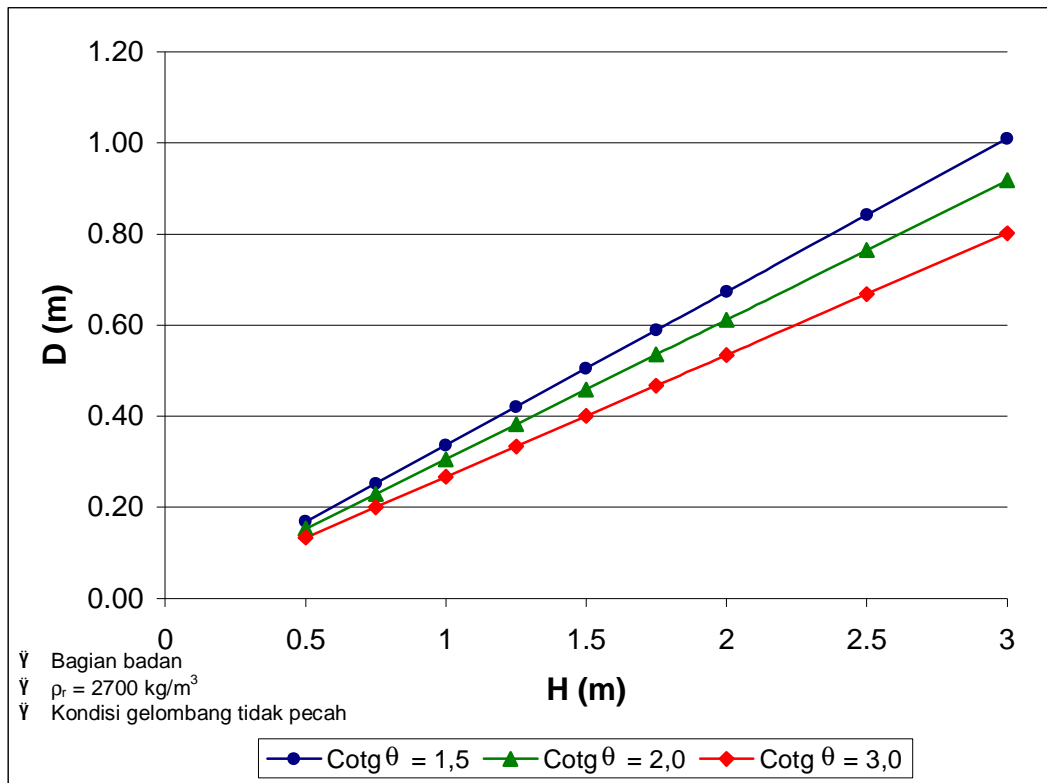
Gambar A.16 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar



Gambar A.17 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar

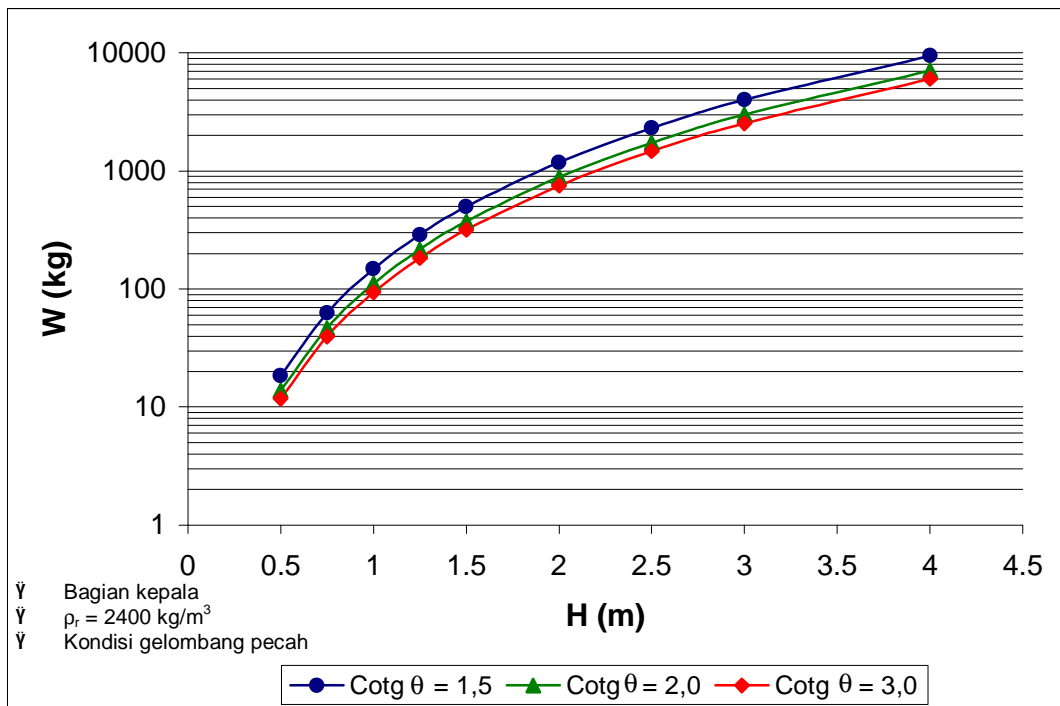


Gambar A.18 Grafik hubungan antara H dan W armor dari batu belah bulat kasar

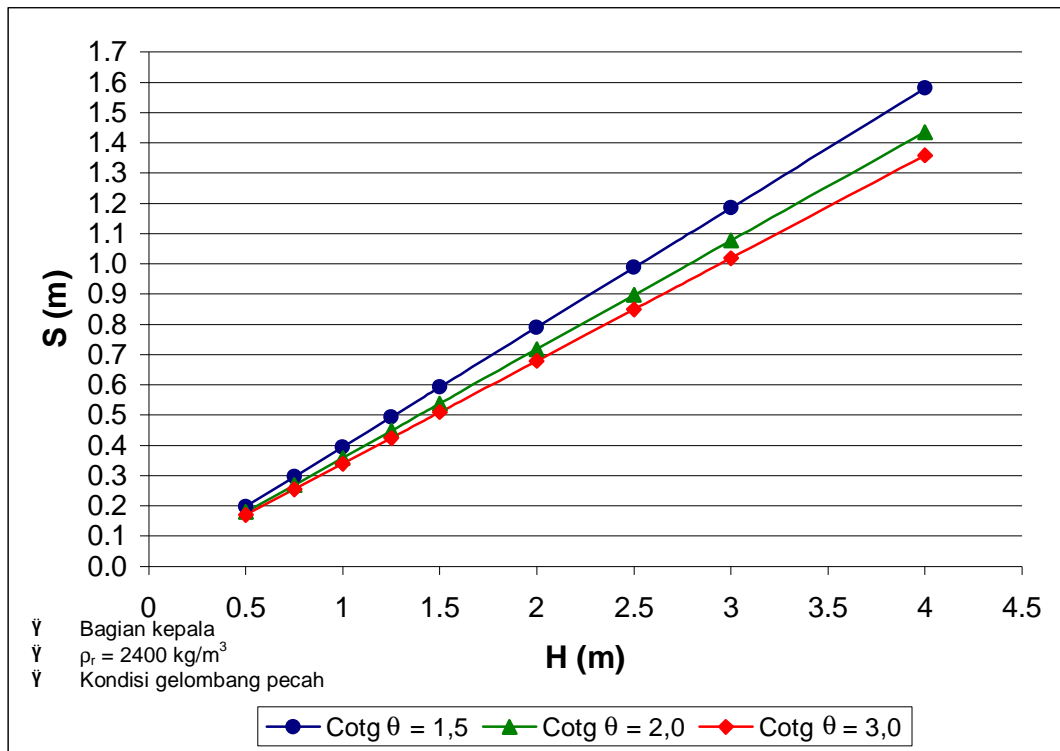


Gambar A.19 Grafik hubungan antara H dan D armor dari batu belah bulat kasar

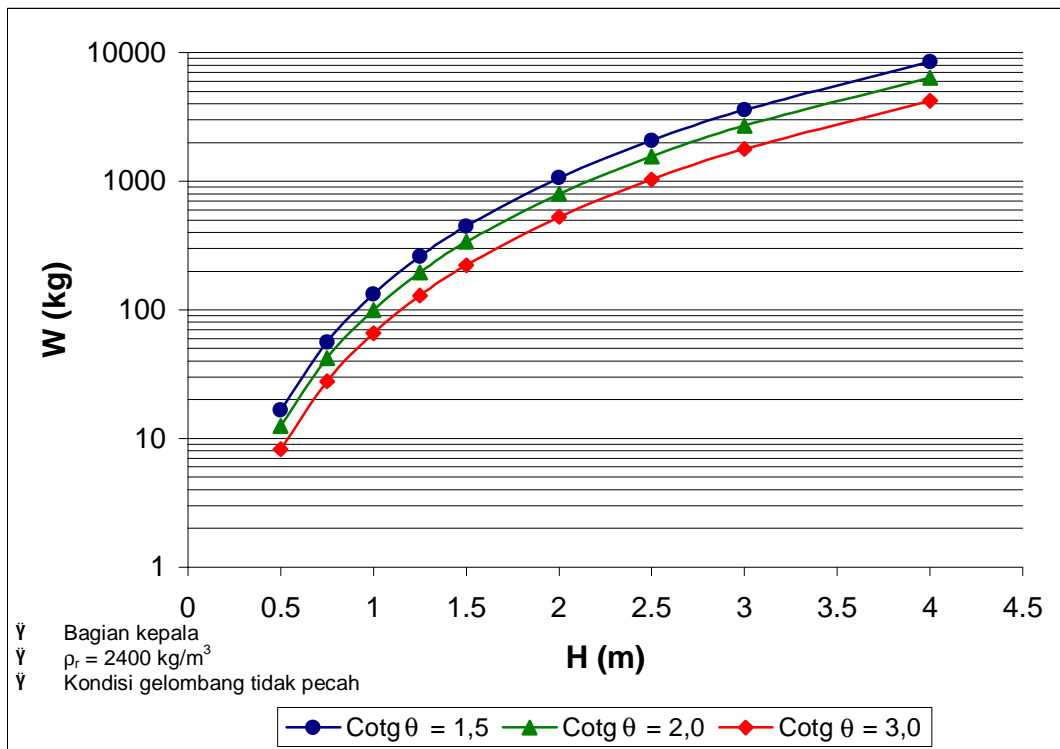
- Kubus**



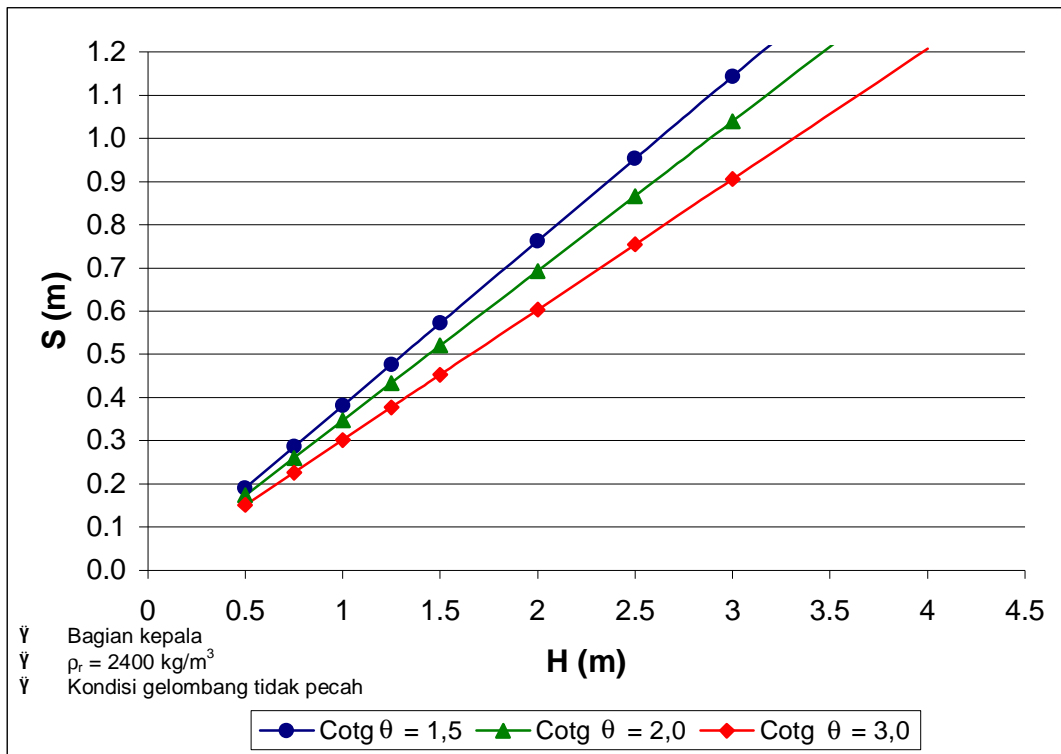
Gambar A.20 Grafik hubungan H dan W armor dari kubus



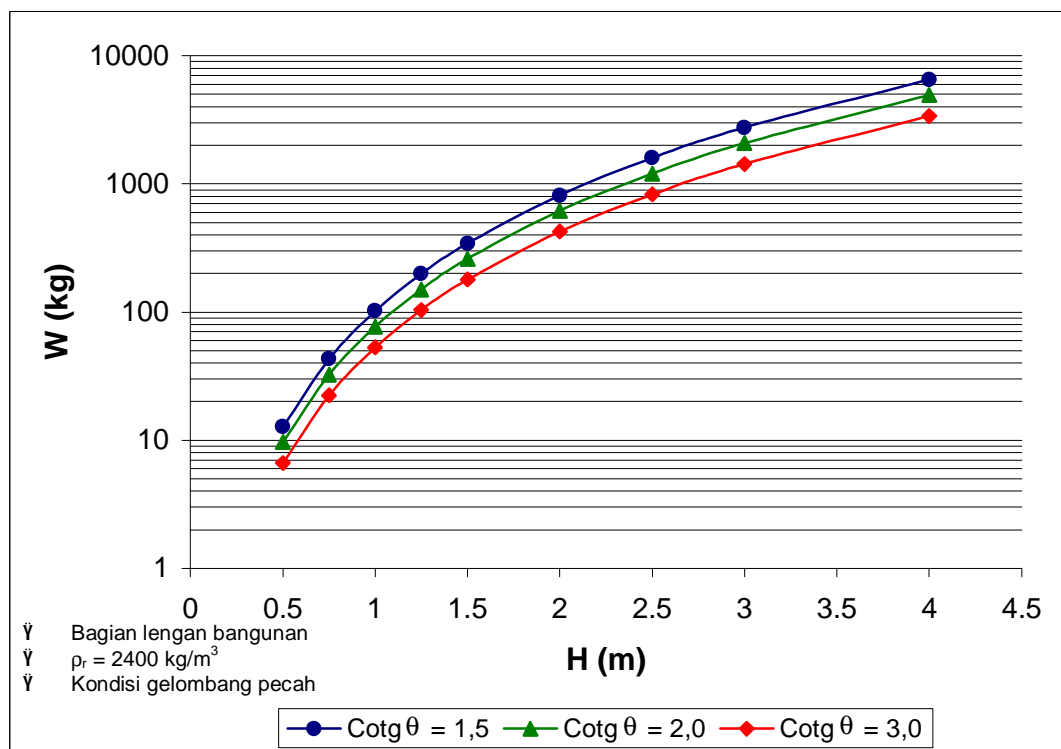
Gambar A.21 Grafik hubungan H dan S armor dari kubus



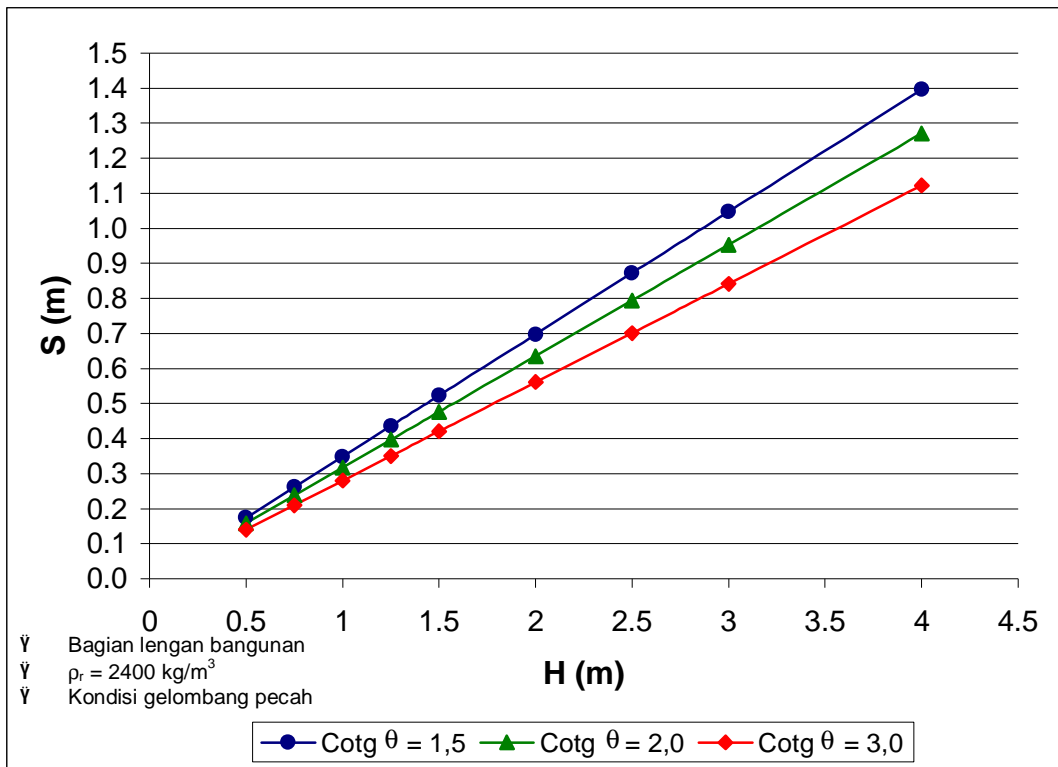
Gambar A.22 Grafik hubungan H dan W armor dari kubus



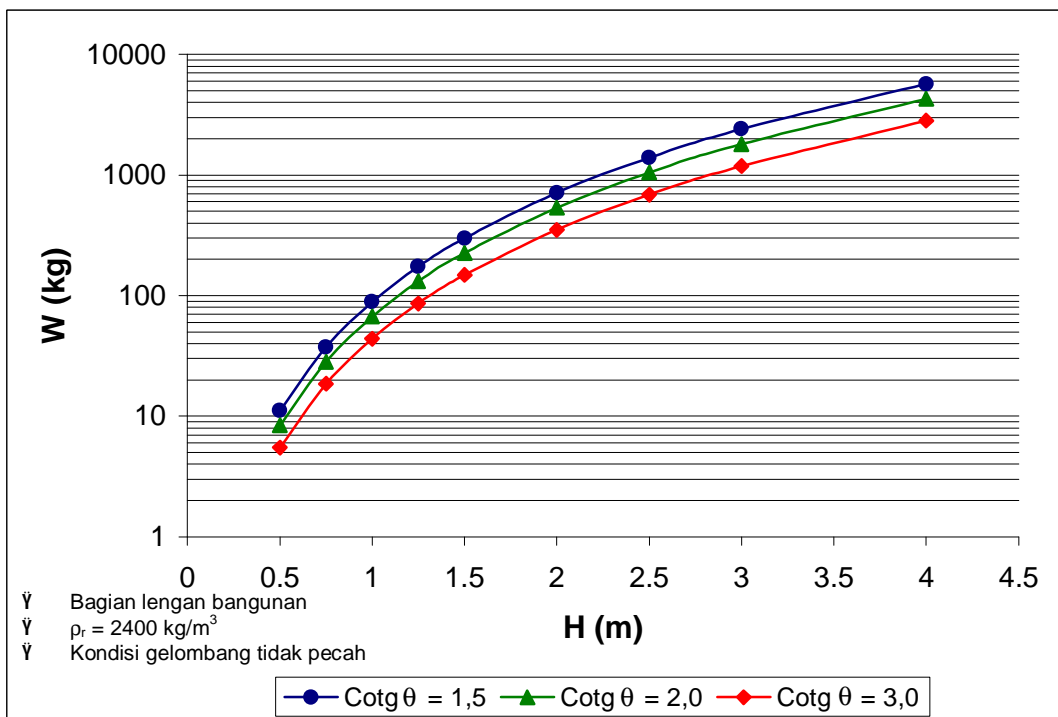
Gambar A.23 Grafik hubungan H dan S armor dari kubus



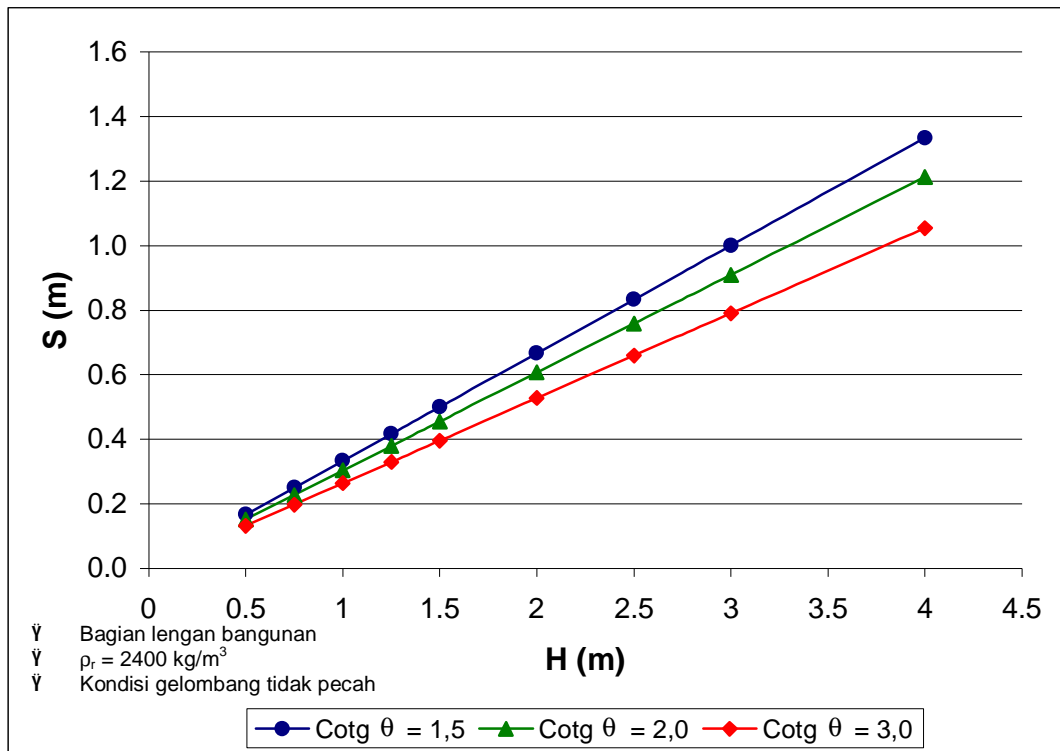
Gambar A.24 Grafik hubungan H dan W armor dari kubus



Gambar A.25 Grafik hubungan H dan S armor dari kubus

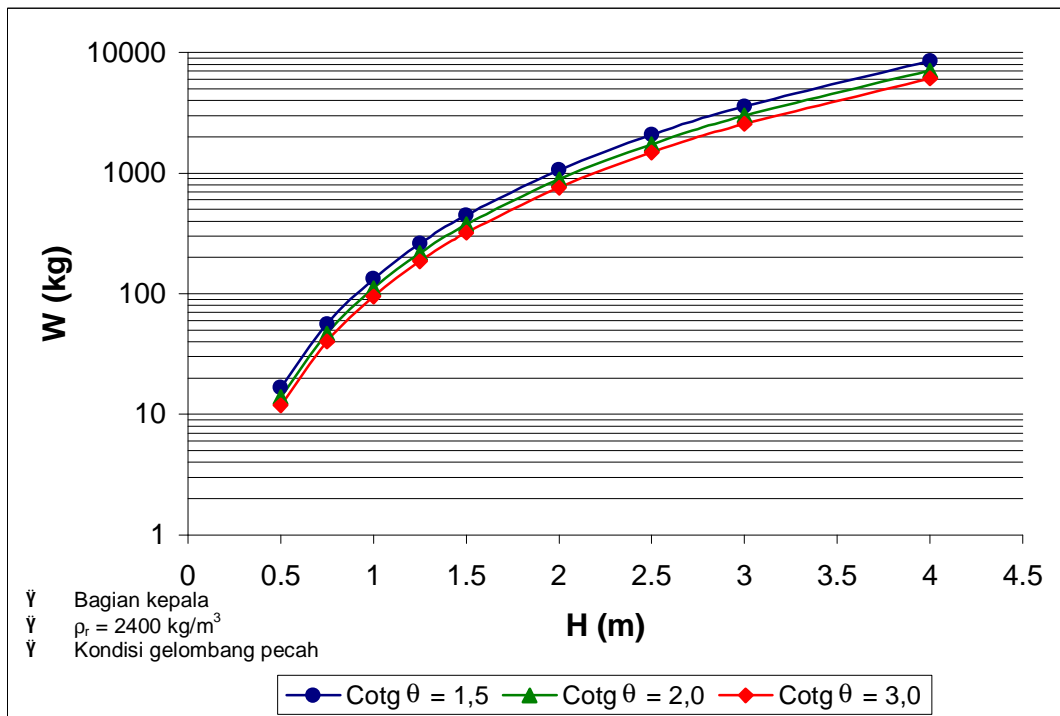


Gambar A.26 Grafik hubungan H dan W armor dari kubus

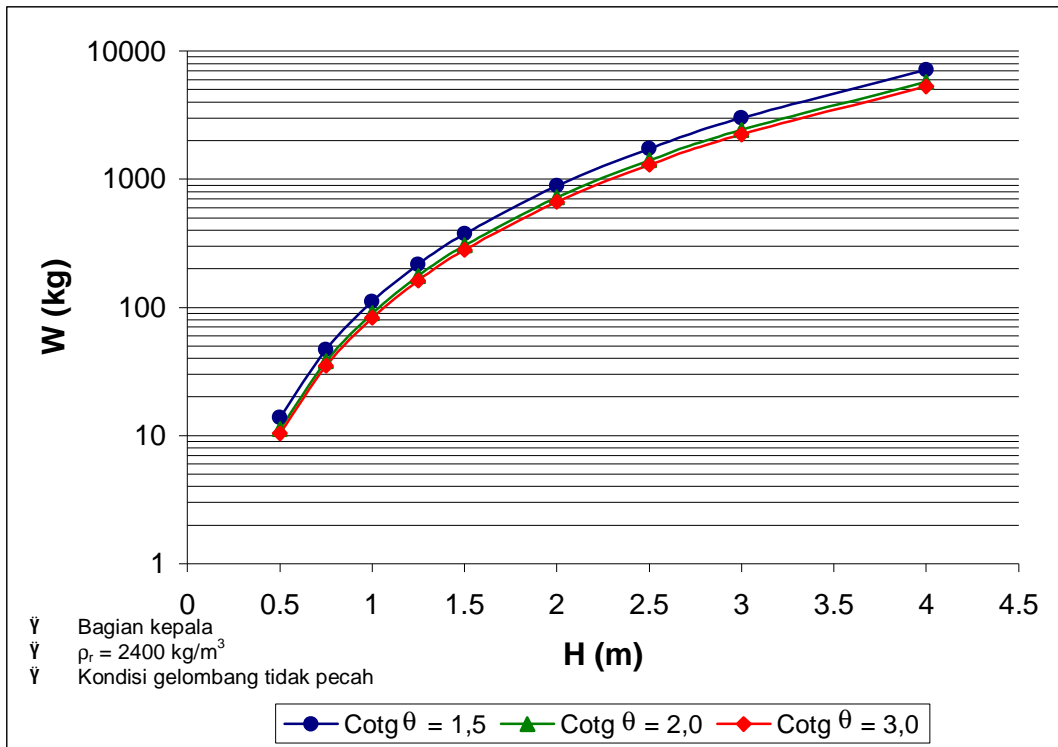


Gambar A.27 Grafik hubungan H dan S armor dari kubus

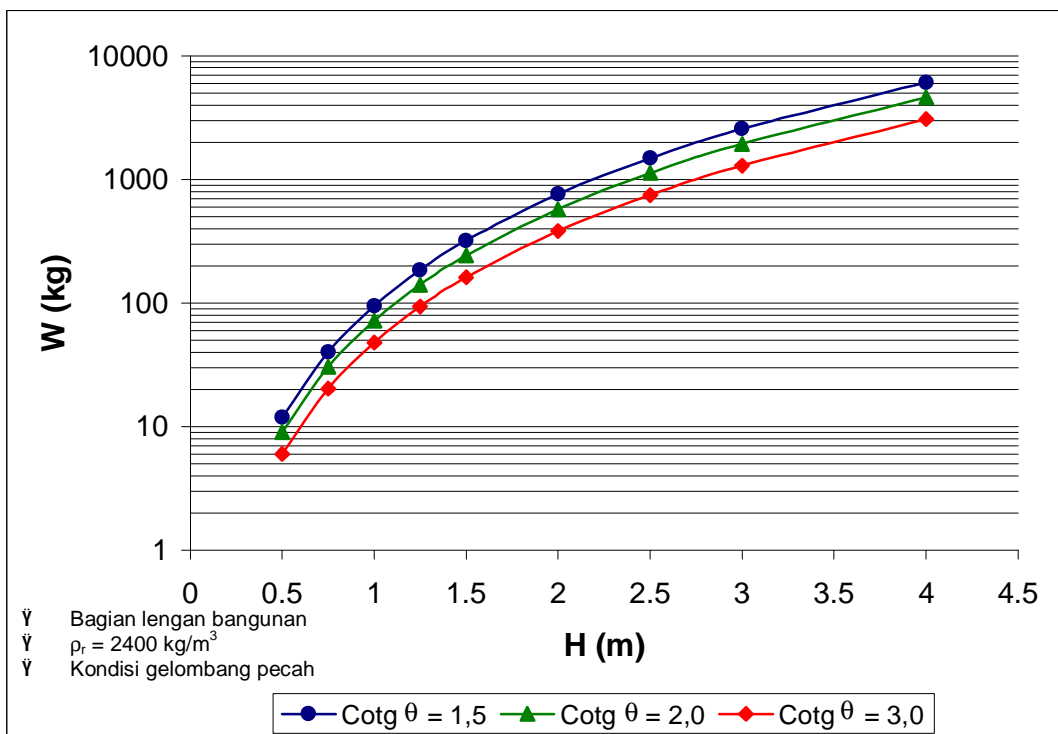
• **Tetrapod**



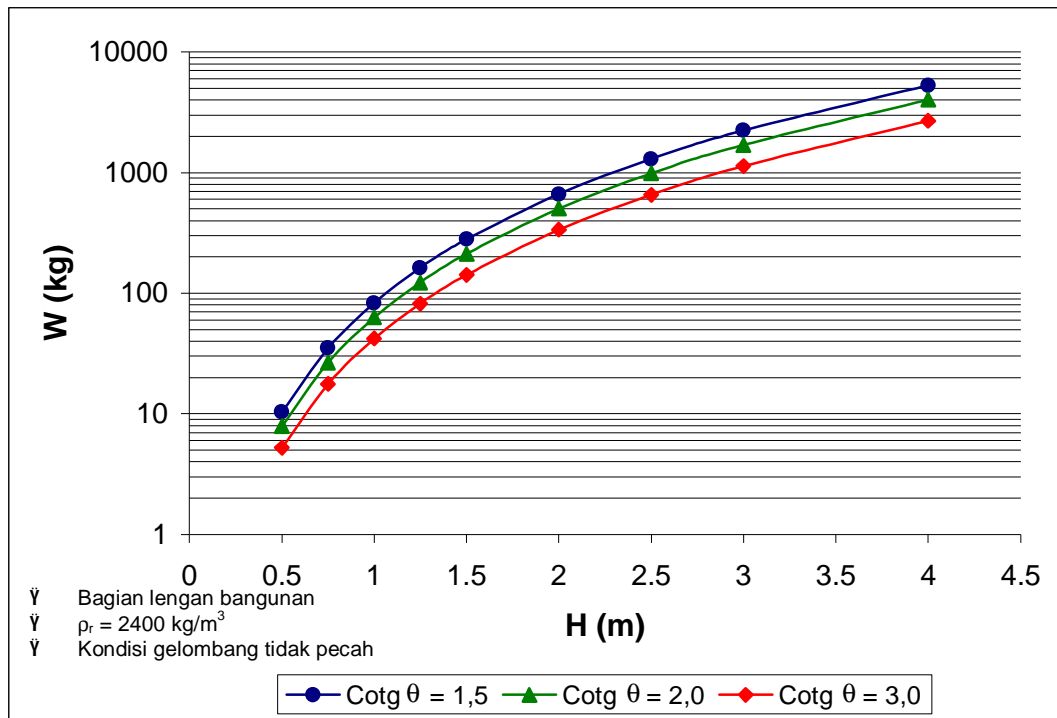
Gambar A.28 Grafik hubungan H dan W armor dari tetrapod



Gambar A.29 Grafik hubungan H dan W armor dari tetrapod



Gambar A.30 Grafik hubungan H dan W armor dari tetrapod

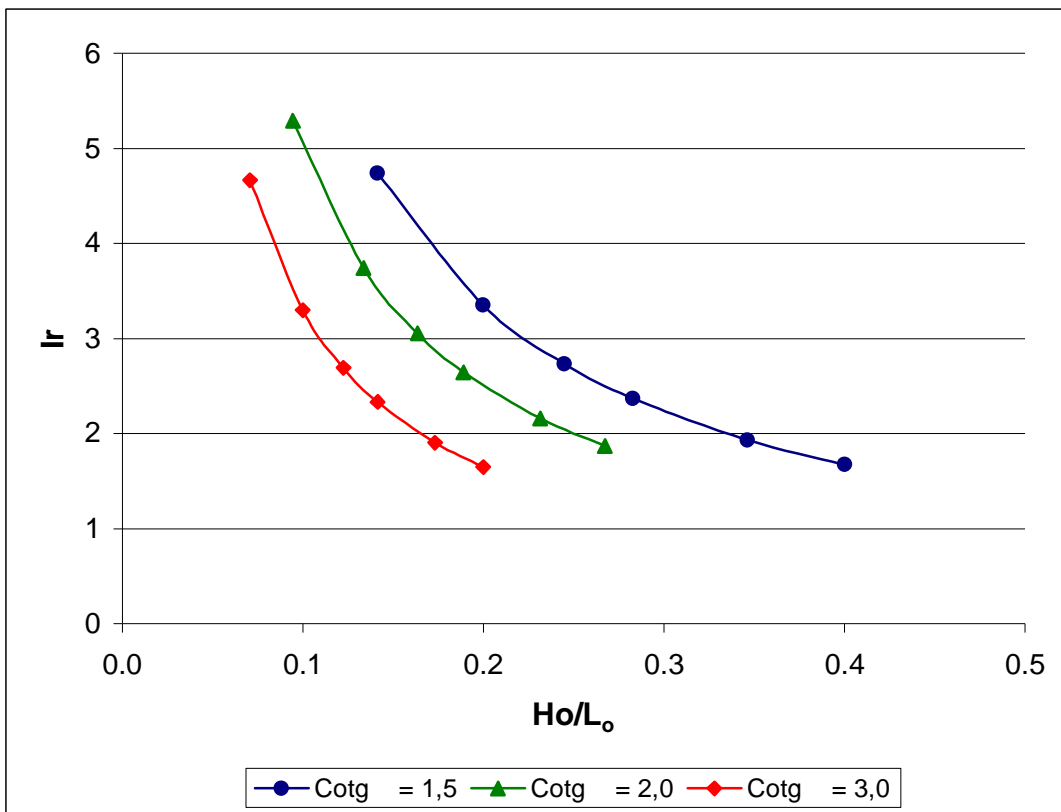


Gambar A.31 Grafik hubungan H dan W armor dari tetrapod

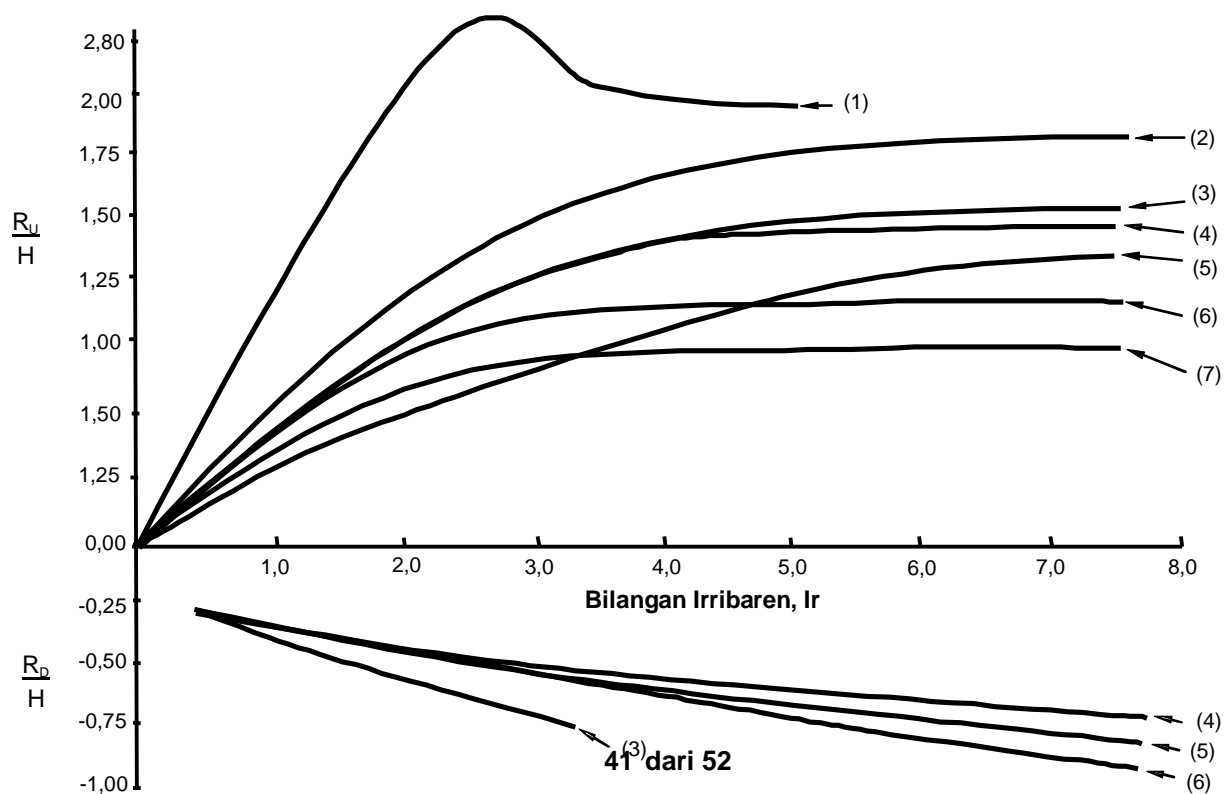
A.4 Bilangan *Irribaren* dan H_o/L_o

Tabel A.6 Perhitungan nilai *Ir* yang merupakan fungsi H dan T

H	tg q = 0.67		tg q = 0.5		tg q = 0.3	
	T = 4 dtk	$L_o = 25 \text{ m}$	T = 6 dtk	$L_o = 56 \text{ m}$	T = 8 dtk	$L_o = 100 \text{ m}$
	$(H/L_o)^{0,5}$	<i>Ir</i>	$(H/L_o)^{0,5}$	<i>Ir</i>	$(H/L_o)^{0,5}$	<i>Ir</i>
0,5	0,5	4,74	0,09	5,29	0,07	4,67
1,0	0,20	3,35	0,13	3,74	0,10	3,30
1,5	0,24	2,74	0,16	3,06	0,12	2,69
2,0	0,28	2,37	0,19	2,65	0,14	2,33
3,0	0,35	1,93	0,23	2,16	0,17	1,91
4,0	0,40	1,68	0,27	1,87	0,20	1,65



Gambar A.32 Grafik hubungan H_o/L_o dan I_r



Keterangan gambar:

(1) Sisi miring halus dan impermeable

Gambar A.33 Grafik hubungan antara Ru/H dan bilangan *Irribaren*

Lampiran B (informatif)

Contoh perhitungan

B.1 Contoh perhitungan desain jeti

Muara yang selalu tertutup pada musim kemarau sehingga menyulitkan lalu-lintas nelayan. Usaha penanggulangan direncanakan dengan pembuatan sepasang jeti tipe *rubble mound* dengan armor dari batu belah bulat kasar, 2 lapis dan kemiringan 1:2 (cotg $\theta = 2$).

a) Data pantai lokasi jeti

1) Data pantai :

- Kemiringan muka pantai 1:20
- Kemiringan damping pantai 1:200
- Berm pantai 0,70 dari HWL
- Tebal lapisan yang bergerak $h=1,7$ m

2) Data sungai :

- Debit banjir maximum = $100 \text{ m}^3/\text{s}$
- Kemiringan dasar sungai $s = 0,0001$
- Lebar rata-rata sungai bagian hulu $b_1 = 50$ m
- Kedalaman rata-rata hulu sungai terhadap MSL = 1,5 m
- Pada gambar 40 disajikan sketsa potongan melintang pantai

3) Data hidro-oceanografi :

- Tinggi gelombang pecah $H_b = 1,5$ m
- Periode gelombang $T = 6$ detik
- Beda pasang surut (HWL – LWL) = 1 m
- Arah gelombang pecah dari normal garis pantai $\alpha_b=30^\circ$
- Angkutan pasir menyusuri pantai $S_0=20.000\text{m}^3/\text{th}$

4) Data perahu :

- Draf = 1,5 m
- Panjang = 20 m
- Lebar = 5 m

b) Perhitungan

1) Lebar alur

(a) Lebar alur untuk lalu lintas 2 jalur menurut rumus *Bruun* (rumus 2a dan 2b)

$$b = 7,6 \times B \\ = 7,6 \times 5 = 38 \text{ m}$$

(b) Lebar alur menurut rumus Jepang (rumus 4a)

$$b_2 = 0,67 \times b_1 \\ b_2 = 0,67 \times 50 = 37 \text{ m}$$

2) Kedalaman alur

(a) Kedalaman alur menurut rumus Nur Yuwono (rumus 1a dan 1b)

$$\text{Elevasi dasar} = \text{LLWL} - d_n$$

$$d_n = d_f + g_l + r_b$$

$$g_l + r_b \text{ bisa diambil } 50\% d_f$$

$$d_n = 1,5 d_f = 2,25 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi dasar} = 2,25 \text{ m dibawah LLWL}$$

(b) Kedalaman alur menurut rumus Jepang (rumus 4b)

$$\frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{-0,69}$$

diambil

$$b_1 = 50 \text{ m (lebar sungai bagian hulu)}$$

$$b_2 = 38 \text{ m (lebar alur pelayaran)}$$

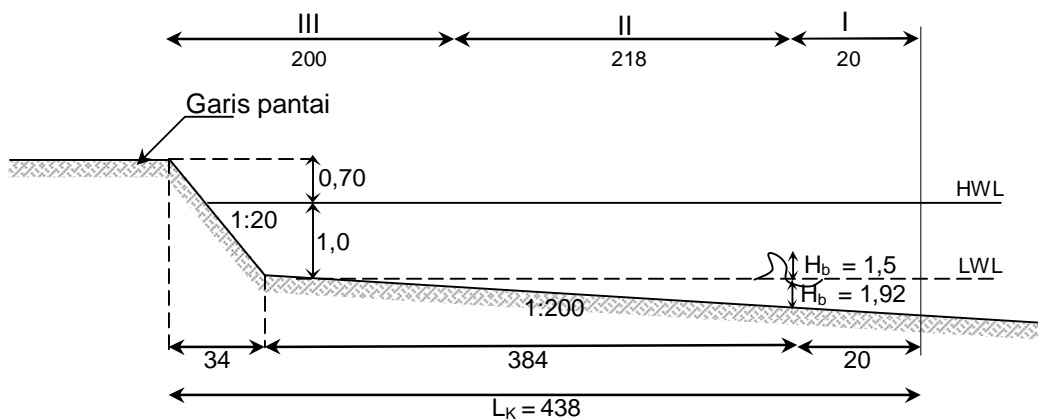
$$d_1 = 1,5 \text{ m (kedalaman rerata sungai bagian hulu)}$$

Dari rumus dihitung didapat $d_2 = 1,24 \text{ m}$ (kedalaman rerata dialur pelayaran)

Kedalaman alur diambil untuk kepentingan lalu lintas = 2,25 m LLWL

3) Panjang jeti

Panjang jeti dihitung berdasarkan jarak lokasi gelombang pecah terhadap garis pantai saat air surut (Gambar B.1).

**Gambar B.1 Sketsa potongan melintang pantai**

(a) Panjang minimum jeti = Jarak gelombang pecah dari garis pantai (I) :

$$L = (20 \times 1,7) + (200 \times 1,92)$$

$$= 34 + 384 = 418 \text{ m}$$

(b) Ujung jeti ditempatkan pada jarak 20 m dari lokasi gelombang pecah. Panjang jeti L_k :

$$L_k = 418 + 20$$

$$= 438 \text{ m}$$

4) Dimensi armor dan lapisan pengisi

Untuk menentukan diameter armor jeti dibagi menjadi 3 bagian :

- Bagian kepala (bagian I) sepanjang 20 m
- Bagian badan (bagian II) sepanjang 218 m
- Bagian badan (bagian III) sepanjang 200 m

Untuk menentukan diameter armor dipergunakan rumus (10) yaitu rumus *Hudson*:

$$W = \frac{\rho_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

- (a) Untuk struktur bagian kepala (bagian I), kondisi gelombang pecah :
 Dari Tabel 1, untuk lapis pelindung batu belah bulat kasar (batu pecah)
 $H = H_b = 1,5$ m dan $\cot \theta = 2$ yang diambil dari Gambar A.4 dan A.5 didapat
 $\rho_r = 2700$ kg/m³
 $W = 600$ kg
 $D = 0,65$ m

- (1) Selanjutnya dihitung lebar mercu (B) dengan rumus (14):

$$B = n_p k_{\Delta} \left[\frac{W}{\rho_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dari Tabel 2 untuk $n_p = 3$, didapat $K_{\Delta} = 1,10$

$$B = 3 \times 1,1 \left[\frac{600}{2700} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 2,0 \text{ m}$$

- (2) Dimensi lapisan ke 2 (dua) = $W/10 = 600/10 = 60$ kg atau dengan diameter rumus (12):

$$D = \left(\sqrt{\frac{W}{\rho_r}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left(\sqrt{\frac{60}{2700}} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,28 \approx 0,30 \text{ m}$$

- (3) Lapisan pengisi = $W/200 = 600/200 = 3$ kg, diambil diameter 10-20 cm

- (4) Tinggi rayapan : R_u
 Dengan menggunakan rumus (17a):

$$L_o = 1,56 \times T^2$$

$$= 1,56 \times 36 = 56,16$$

$$H/L_o = 1,5/56,16$$

$$= 0,027$$

Dengan menggunakan rumus (17)

$$l_r = \frac{\text{tg } \theta}{(H/L_o)^{0,5}}$$

$$l_r = \frac{0,5}{(0,027)^{0,5}} = 3,04$$

Dari Gambar A.33 diperoleh :

$$R_u/H = 1,20$$

$$R_u = 1,20 \times 1,50$$

$$= 1,80 \text{ m}$$

- (b) Untuk struktur badan bagian II, kondisi gelombang pecah
 $H_b = 1,5$

Dari Gambar A.12 dan Gambar A.13 didapat :

$$W = 500 \text{ kg}$$

$$D = 0,60 \text{ m}$$

- (1) Lebar mercu:

$$\begin{aligned} B &= n \times K_{\Delta} \times \left(\frac{W}{\rho_r} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 3 \times 1,1 \times \left(\frac{500}{2700} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 1,88 \sim 2,0 \text{ m} \end{aligned}$$

- (c) Bagian struktur badan bagian III sepanjang 200 m

- (1) Kedalaman saat air tinggi

$$d = 1,0 + \frac{200 - 34}{200} = 1,33 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi gelombang pecah } H_b = 0,78 \times 1,33 = 1,04 \text{ m}$$

Dari Gambar A.12 dan Gambar A.13 didapat :

$$W = 150 \text{ kg}$$

$$D = 0,40 \text{ m}$$

- (2) Lebar mercu :

$$\begin{aligned} B &= n_t \times K_{\Delta} \times \left(\frac{W}{\rho_r} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 3 \times 1,1 \times \left(\frac{150}{2700} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 1,26 \sim 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Dengan } H = 1,04 \text{ m, tinggi rayapan} = 1,2 \times 1,04 = 1,26 \text{ m}$$

- 5) Gerusan lokal

- (a) Gerusan lokal akibat hampasan gelombang menggunakan rumus (9):

$$d_s = k \times H$$

$$d_s = 0,5 \times 1,5 = 0,75 \text{ m}$$

- 6) Cadangan

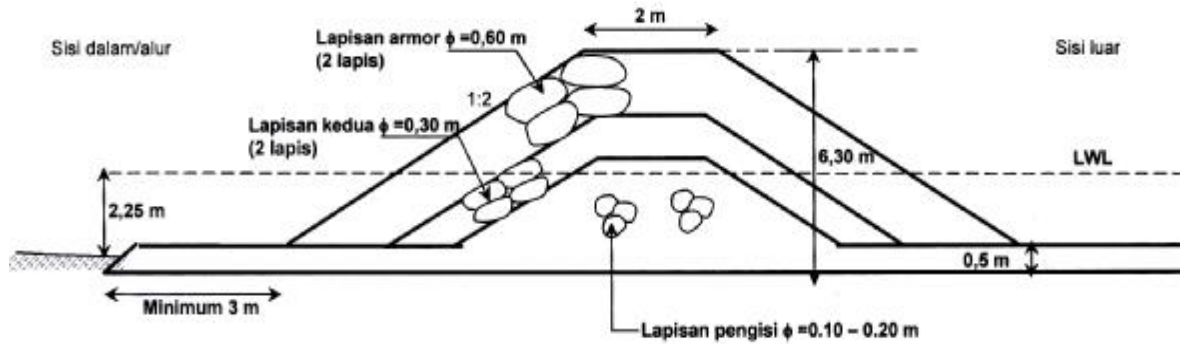
- (a) Cadangan untuk kemungkinan penurunan struktur diambil 0,5 m.

Tinggi struktur total pada bagian kepala = Cadangan penurunan struktur +
 Tinggi rayapan + Beda pasang surut + Kedalaman air saat LLWL + Gerusan
 lokal

$$= 0,5 + 1,8 + 1,0 + 1,92 + 0,5$$

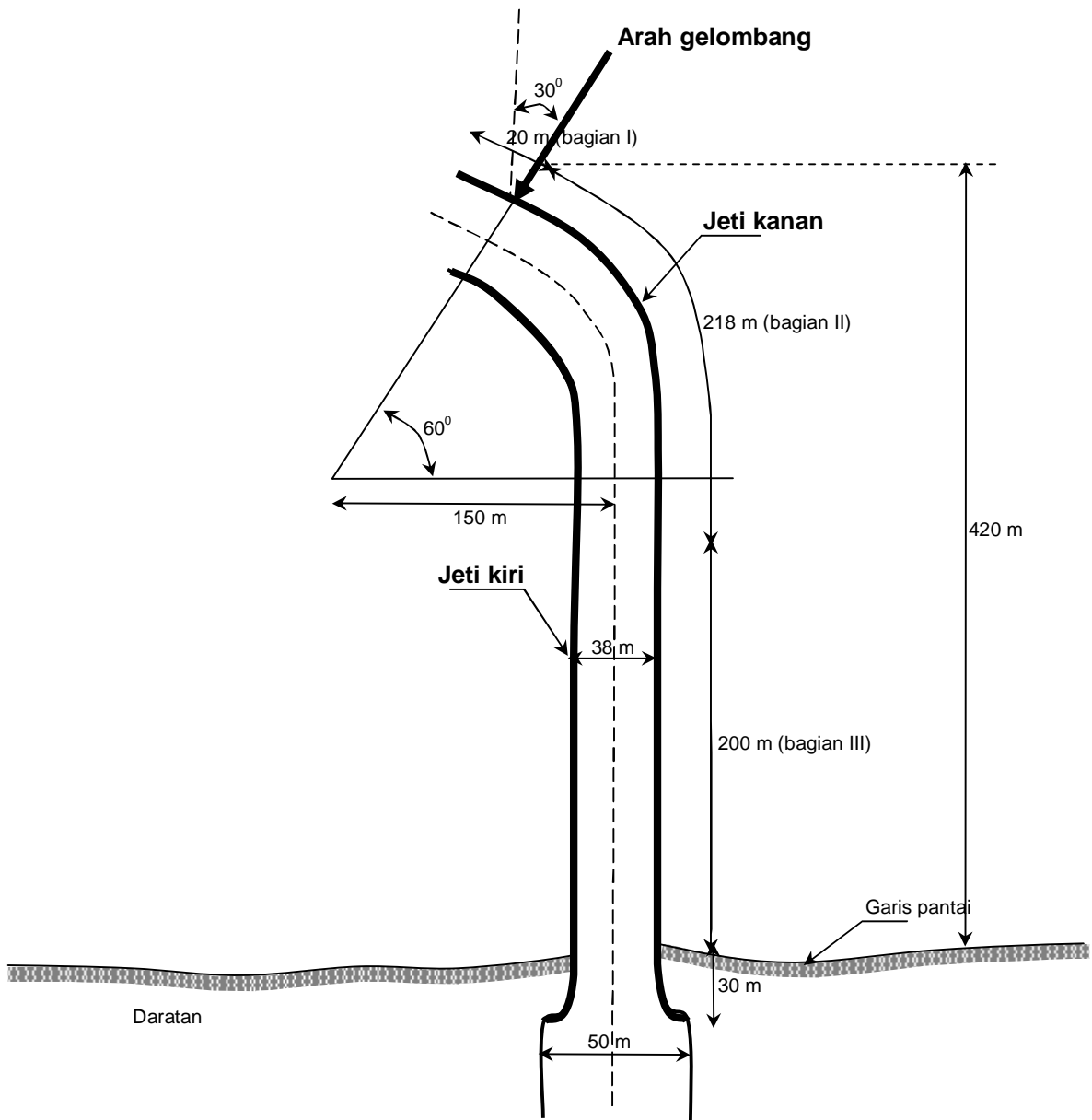
$$= 5,72 \text{ m}$$

- (b) Tinggi struktur berdasarkan kedalaman alur = Cadangan penurunan struktur + Tinggi rayapan + Beda pasang surut + Kedalaman alur saat LLWL
 $= 0,5 + 1,8 + 1,0 + 2,25$
 $= 5,55 \text{ m}$



Gambar B.2 Penampang melintang jeti bagian kepala (bagian I)

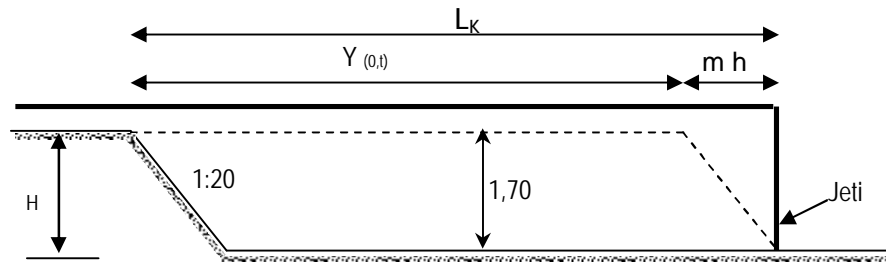
Untuk bagian II dan bagian II, gambarnya serupa dengan bagian I (Gambar B.2), hanya berbeda tinggi dan dimensi armornya.



Gambar B.3 Situasi jati

B.3 Contoh perhitungan umum jeti dan perubahan garis pantai

Perhitungan ini dilakukan apabila pemilihan pasir (*sand by passing*) dari *up-drift* ke *down-drift* tidak dilakukan. Yang dimaksud dengan umur jeti adalah saat jeti penuh dengan endapan sedimen dan mulai melimpas ujung jeti. Waktu tersebut diberi notasi t_L . Sesuai dengan fenomena yang klasik maka pembuatan bangunan yang menjorok ke laut pada pantai dengan angkutan pasir menyusur pantai, akan terjadi proses sedimentasi di bagian *up-drift* dan erosi di bagian *down-drift*. Sedimentasi di *up-drift* dihitung dengan metode *Pelnard-Considerere*. Erosi di *down-drift* secara grafis merupakan bayangan terbalik dari proses sedimentasi.



Gambar B.4 Potongan melintang *up-drift* jeti

Data yang ada :

- $\alpha_b = 30^\circ$
- $h = 1,70 \text{ m}$
- $S_0 = 20.000 \text{ m}^3/\text{th}$
- $m = 1:20$

Dari hasil perhitungan didapat panjang pemecah gelombang arus + pantai :

$$L_k = 418 \text{ m}$$

a) Perhitungan umum jeti

$$L_k = 418 \text{ m}$$

$Y_{(0,t)}$ = majunya garis pantai tepat pada lokasi jeti

$$Y_{(0,t)} = L_k - m \cdot h = 418 - 20 \times 1,7$$

$$= 384 \text{ m}$$

$$\alpha_{b(\text{rad})} = \frac{30 \times \pi}{180} = 0,524 \text{ rad}$$

$$a = \frac{S_0}{\alpha_b \cdot h} = \frac{20.000}{0,524 \times 1,70} = 22,469$$

Dengan memasukkan harga $y_{(0,t)}$; α_b ; dan a pada rumus (20) maka diperoleh harga $t = 16,72 \text{ th} \approx 17 \text{ th}$. Harga t tersebut adalah harga saat jeti penuh dan diberi notasi $t_L = 17$ tahun

Dengan diketahuinya t_L , selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan majunya garis pantai di *up-drift* saat $t_L = 18$ tahun hasil perhitungan disajikan pada Tabel B.1.

b) Perhitungan perubahan garis pantai

Dengan diketahuinya t_L selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan majunya garis pantai *up-drift* saat $t_L=18$ tahun dengan metode *Pelnard-Considere*. Untuk perhitungan tersebut dilakukan variasi harga $\mu = 0,2; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0$ dan $1,5$. Dari harga μ tersebut kemudian dibagi harga A dari Tabel B.1 dan dihitung harga μ , dengan rumus (19):

$$\mu = \frac{x}{\sqrt{4at}} \text{ atau } x = \mu \times \sqrt{4at}$$

Hasil perhitungan disajikan pada Tabel B.1 (nilai A diambil dari Tabel 3) yang kemudian digambarkan absis X dan ordinat Y sebagai gambar garis pantai *up-drift* (pada kuadran-I) seperti pada Gambar B.5 dan untuk garis pantai *down-drift* merupakan bayangan garis *up-drift* tanpa difraksi gelombang (pada kuadran-III). Untuk menggambarkan garis pantai *down-drift* dengan difraksi gelombang sebagai berikut.

- Gambarkan garis arah gelombang pada ujung jeti yang paling menjorok ke depan garis arah gelombang ini yaitu titik A.
- Tentukan titik potong antara garis arah gelombang pada (a) dengan garis pantai *down-drift* jeti pada titik D.
- Buat busur lingkaran dari titik D yang berpusat di A sampai dengan garis jeti sebelah kiri yaitu pada titik C.

Dari gambar tersebut, dengan terjadinya erosi di *down-drift* jeti, maka jeti sebelah kiri harus diperpanjang sampai titik C, dengan panjang BC = 240 m. Perpanjangan jeti diambil 250 m (BE).

Sesuai dengan uraian pada sub-pasal 4.1, maka untuk menghindari terjadinya erosi di *down-drift* jeti perlu dilakukan usaha pemindahan pasir (*sand by passing*) secara periodik sesuai dengan volume angkutan pasir sejajar pantai dari *up-drift* ke *down-drift*.

Tabel B.1 Perhitungan majunya garis pantai di *up-drift* jeti saat $t=t_L=17$ tahun

μ	X (m)	A	$Y_{(x,t)}$
0	0	1	391
0,2	239	0,6852	268
0,3	359	0,5569	217
0,5	598	0,3538	138
0,8	956	0,1616	63
1,0	1.195	0,089	35
1,5	1.793	0,015	6,0

Lampiran C
(informatif)
Daftar nama dan lembaga

1) Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum.

2) Penyusun

N a m a	L e m b a g a
Dr. Ir. Syamsudin, Dipl.HE.	Pusat Litbang Sumber Daya Air
Prof. Dr. Ir. Nur Yuwono, Dipl.HE.	Universitas Gajah Mada
Rian Mohammad Azhar, ST	Pusat Litbang Sumber Daya Air

Bibliografi

- Bambang Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, ISBN 979-8541-05-7, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bruun, Per, 1973, *Port Engineering*. Gulf Publishing Company, Houston, Texas
- CERC, 1984, *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington DC.
- Davis, Richard, A. Jr, 1985, *Coastal Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, New York.
- International Course Hydraulic Engineering, Coast Engineering, 1973.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 9 tahun 1989 tentang Pemanfaatan Sungai.
- Ministry of Public Works, 1996, *Coastal Engineering Manual*, Jakarta
- Nur Yuwono, 1992, *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Vol.2, Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, PAU-IT-UGM, Yogyakarta
- Pilarczyk, Christian W, 1990, *Coastal Protection*, Delft University of Technology, Rotterdam.
- Silvester, Richard, 1974, *Coastal Engineering 1*, Department of Civil Engineering, University of Western Australia, Nedland.
- US. Army Corps of Engineers, 2002, *Coastal Engineering Manual (CEM)*, Washington DC.
- US. Army Corps of Engineers, 1992, *Coastal Groins and Nearshore Breakwaters*, Washington DC.
- US. Army Corps of Engineers, 1986, *Design of Breakwaters and Jetties*, Washington DC.
- US. Army Corps of Engineers, 1995, *Design of Coastal Revetments, Seawall, and Design Engineers*, Washington DC.