



TUGAS AKHIR - MO184804

**STUDI BANGUNAN PENAHAN OVERTOPPING
PADA NCICD FASE A**

**BUDHI WICAKSONO NUGROHO
NRP. 0431154000076**

Dosen Pembimbing

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

**Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**



FINAL PROJECT - MO184804

STUDY OF OVERTOPPING REDUCTION STRUCTURE AT NCICD PHASE A

BUDHI WICAKSONO NUGROHO

NRP. 04311540000076

University Supervisors

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc.

**Ocean Engineering Department
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI BANGUNAN PENAHAN OVERTOPPING PADA NCICD FASE

A

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Budhi Wicaksono Nugroho NRP. 04311540000076

Disetujui oleh:

1. Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc. (Pembimbing 2)

3. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, Msc. (Penguji 1)

4. Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D. (Penguji 2)

5. Sujantoko, S.T., M.T. (Penguji 3)

SURABAYA, 29 MEI 2019

STUDI BANGUNAN PENAHAN *OVERTOPPING* PADA NCICD FASE A

Nama : Budhi Wicaksono Nugroho

NRP : 04311540000076

Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS

Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono, ST., M.eng., Ph.D.

: Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc.

ABSTRAK

Untuk mengamankan pesisir kota Jakarta dari bahaya banjir ketika air pasang, pemerintah bekerja sama dengan konsultan asing untuk membangun sebuah proyek bernama NCICD (*National Capital Integrated Coastal Development*). Dalam pengerjaannya, NCICD dibagi menjadi beberapa fase. Fase (A) adalah mengoptimasi saluran air yang ada dan membangun *seawall* baru di sepanjang pesisir Jakarta. Fase (B) adalah pembuatan kolam penampungan air dan *seawall* di sisi bagian barat Tanjung Priuk. Fase (C) adalah pembuatan kolam penampungan air dan *seawall* di sisi bagian timur Tanjung Priuk. Namun setiap tahun *freeboard seawall* NCICD fase A akan berkurang diakibatkan *land subsidence* dan *sea level rise* sehingga harus ditentukan apakah *seawall* masih tetap efektif pada kondisi tahun 2018. Untuk menentukan keefektifan *seawall* pada proyek NCICD fase A, dilakukan perhitungan pada kondisi *overflowing*, *overtopping*, dan kestabilan struktur pada *seawall* yang sudah dibangun. Takagi pada tahun 2017, sudah melakukan perhitungan keefektifan *seawall* NCICD fase A berdasarkan *overflowing*. Setelah dilakukan perhitungan *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD fase A yang sudah dibuat, pada tahun 2024 diperkirakan *overtopping* sudah melewati batas aman. Batas aman yang ditetapkan mengenai *overtopping* yang terjadi yaitu sebesar 5 l/m/s. Untuk tetap aman sampai tahun 2040 dilakukan penambahan *freeboard seawall* minimum sebesar 4,44 meter. Hasil ini didapat dari bentuk vertical *seawall* dengan tambahan *bullnose* bersudut 60°.

Kata kunci: *Overtopping*, Jakarta, NCICD, *Seawall*.

STUDY OF OVERTOPPING REDUCTION STRUCTURE AT NCICD PHASE A

Nama : Budhi Wicaksono Nugroho

NRP : 04311540000076

Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS

Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono, ST., M.eng., Ph.D.

: Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc.

ABSTRACT

To defend Jakarta coast from the danger of tide flood, the government is working with foreign consultants to build a project called NCICD (National Capital Integrated Coastal Development). In the process, the NCICD is divided into several phases. Phase (A) is optimize existing waterways and build new seawalls along the coast of Jakarta. Phase (B) is build a water reservoir and seawall on the western side of Tanjung Priuk. Phase (C) is build water reservoir and a seawall on the eastern side of Tanjung Priuk. However, every year the freeboard of seawall NCICD Phase A will be reduced due to land subsidence and sea level rise so it must be determined whether the seawall is still effective at 2018. To determine the effectiveness of the phase A NCICD project, calculations are made on overflowing, overtopping and stability conditions on the seawall that has been built. Takagi in 2017 has calculated the effectiveness of all NCICD phases (A) based on overflowing. After overtopping calculations that occur in the NCICD phase (A) have been made, in 2024 it is estimated that overtopping has crossed the safe limit. The safe limit set regarding overtopping that occurs is equal to 5 l / m / s . To remain safe until 2040, the minimum addition of a seawall freeboard is 4.44 meters. This result is obtained from the vertical seawall with the addition of a 60° bullnose angle.

Kata kunci: *Overtopping*, Jakarta, NCICD, Seawall.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr wb

Alhamdulillah, segala puji Allah SWT tuhan semesta karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ Studi Bangunan Penahan Overtopping Pada NCICD Fase A” dengan baik dan lancar. Tugas akhir ini merupakan persyaratan dalam menyelesaikan program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis sadar bahwa dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini memiliki kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang sangat membangun. Agar kedepannya tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih baik lagi oleh peneliti selanjutnya. Wassalamualaikum Wr.Wb

Surabaya, 29 Mei 2019

Budhi Wicaksono Nugroho

UCAPAN TERIMA KASIH

Sehubungan dengan terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, pertama penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT karena dengan karunia dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya, serta pihak-pihak yang telah membantu saya, maka dalam lembar ini saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Heri Sulistiono dan Ibu Suwanih selaku orang tua dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, dan materil sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberikan masukan dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini dengan penuh kesabaran, sampai penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir penulis yang juga berkenan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, Msc., Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., dan Bapak Sujantoko, S.T.,M.T. selaku dosen penguji tugas akhir yang sudah berkenan untuk menguji serta memberikan saran mengenai tugas akhir penulis.
5. Bapak Herman Pratikno, ST, MT, PhD selaku koordinator mata kuliah tugas akhir dan dosen wali yang selalu memberikan bimbingan, perizinan, dan persetujuan sehingga penulis dapat mengikuti sidang tugas akhir ini.
6. Seluruh staf administrasi Departemen Teknik Kelautan atas bantuannya selama penulis mengurus berkas Tugas Akhir.
7. Saudara M Iqbal Havis (S2 Teknik Kelautan ITS) dan Saudara Irvan Eka Praditya (Teknik Kelautan ITS 2014) yang telah membantu penulis dalam mempelajari software Delft3D .
8. Keluarga besar Teknik Kelautan 2015, Tritonus atas kekeluargaan dan kebersamaan dalam menjalani masa perkuliahan.

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT..... | vii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Permasalahan..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka..... | 5 |
| 2.2 Dasar Teori | 7 |
| 2.2.1 Gelombang..... | 7 |
| 2.2.2 Perkiraan Gelombang Periode Ulang..... | 9 |
| 2.2.3 Pasang Surut..... | 11 |
| 2.2.4 Design <i>Water level</i> dan Elevasi Ketinggian Puncak Bangunan Pantai..... | 12 |
| 2.2.5 Land subsidence..... | 13 |
| 2.2.6 Seawall..... | 13 |
| 2.2.7 Batimetri..... | 15 |
| 2.2.8 Overtopping..... | 15 |
| 2.2.9 Pemodelan Gelombang Dengan Delft3D..... | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 21 |
| 3.1 Metode Penelitian | 21 |
| 3.2 Prosedur Penelitian | 22 |
| 3.3 Data..... | 24 |
| BAB IV ANALISA dan PEMBAHASAN..... | 29 |
| 4.1 Lokasi Penelitian..... | 29 |
| 4.2 Pengolahan dan Analisis Data Angin | 31 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 4.3 | Prediksi gelombang..... | 32 |
| 4.4 | Tahapan Pemodelan..... | 37 |
| 4.4.1 | RFGRID delft3D..... | 37 |
| 4.4.2 | QUICKIN delft3D..... | 38 |
| 4.5 | Delft3D Wave..... | 39 |
| 4.5.1 | Grid..... | 39 |
| 4.5.2 | Time Frame..... | 40 |
| 4.5.3 | Boundaries..... | 40 |
| 4.6 | Hasil simulasi..... | 41 |
| 4.7 | Validasi hasil pemodelan..... | 43 |
| 4.8 | <i>Overtopping</i> di <i>seawall</i> NCICD fase A kawasan pluit..... | 44 |
| 4.8.1 | Perhitungan <i>Overtopping</i> | 44 |
| 4.8.2 | Analisis <i>overtopping</i> | 46 |
| 4.9 | Penambahan <i>Freeboard</i> minimum..... | 46 |
| 4.9.1 | penambahan <i>Freeboard</i> bentuk vertical wall..... | 46 |
| 4.9.2 | Penambahan <i>Freeboard</i> vertical wall dengan bullnose 60 dan 30 derajat | 49 |
| 4.9.3 | Analisis penambahan <i>freeboard</i> | 53 |
| | BAB V PENUTUPAN..... | 55 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 55 |
| | LAMPIRAN..... | L1 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----------|
| Gambar 1.1 Pembagian fase proyek NCICD | 2 |
| Gambar 2.1 <i>Vertical Seawall</i> Proyek NCICD fase A di Kawasan Pluit | 5 |
| Gambar 2.2 Karakteristik gelombang..... | 7 |
| Gambar 2.3 Rasio RL ,UW , dan UL | 8 |
| Gambar 2.4 Grafik Peramalan gelombang | 9 |
| Gambar 2.5 Aspek yang digunakan dalam perencanaan ketinggian | 13 |
| Gambar 2.6 <i>Plain vertical wall</i> | 14 |
| Gambar 2.7 Plain vertical wall dengan bullnose | 14 |
| Gambar 2.8 Insiden tersapunya manusia akibat Overtopping yang terjadi | 16 |
| Gambar 2.9 Kondisi <i>overtopping</i> non impulsive | 17 |
| Gambar 2.10 Kondisi <i>overtopping</i> impulsive..... | 17 |
| Gambar 2.11 Sket gambar <i>vertical wall</i> dengan bullnose | 19 |
| Gambar 3.1. Batimetri jakarta | 25 |
| Gambar 3.2. Sketsa seawall di kawasan pluit tahun 2018..... | 25 |
| Gambar 3.3. <i>Design water level</i> untuk <i>seawall</i> fase A..... | 25 |
| Gambar 3.4. <i>Land subsidence Rate</i> di DKI Jakarta..... | 26 |
| Gambar 3.5 Penomoran lokasi untuk <i>Seawall</i> | 26 |
| Gambar 3.6 Ketinggian dan periode gelombang Jakarta..... | 26 |
| Gambar 3.7 Elevasi pasang surut Jakarta | 27 |
| Gambar 4.1 Rumah kawasan pluit..... | 29 |
| Gambar 4.2 <i>Seawall</i> NCICD fase A | 30 |
| Gambar 4.3 <i>Seawall</i> NCICD fase A pluit | 30 |
| Gambar 4.4 Windrose Jakarta (blowing from)..... | 31 |
| Gambar 4.5 Distribusi angin Jakarta januari 1984 – desember 2011 | 32 |
| Gambar 4.6 Grafik distribusi angin | 32 |
| Gambar 4.7 Distribusi Weibull..... | 37 |
| Gambar 4.8 Perhitungan Weibull distribution..... | 37 |
| Gambar 4.9 Hasil prediksi periode ulang | 37 |
| Gambar 4.10 Batimetri dan land boundary Jakarta | 38 |
| Gambar 4.11 Hasil Refine Grid..... | 38 |
| Gambar 4.12 Hasil Quickin delft3D..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.13 Sub menu Computational Grid | 39 |
| Gambar 4.14 Sub menu Bathymetry | 39 |
| Gambar 4.15 Time Frame..... | 40 |
| Gambar 4.16 Boundaries | 40 |
| Gambar 4.17 Quickplot | 41 |
| Gambar 4.18 Visualitation area | 42 |
| Gambar 4.19 Hasil running gelombang signifikan Delft3d wave | 42 |
| Gambar 4.20 Hasil running periode gelombang delft3d wave | 43 |
| Gambar 4.21 Grafik kondisi <i>overtopping</i> | 45 |
| Gambar 4.22 Grafik penambahan freeboard | 47 |
| Gambar 4.23 sketsa seawall jika ditambahkan freeboard tahun 2024..... | 48 |
| Gambar 4.24 penambahan tinggi seawall di Kawasan pelabuhan muara baru | 48 |
| Gambar 4.25 Grafik penambahan freeboard dengan kemiringan bullnose 60 derajat | 50 |
| Gambar 4.26 sketsa seawall jika ditambahkan bullnose 60 derajat tahun 2024..... | 50 |
| Gambar 4.27 Grafik penambahan freeboard dengan kemiringan bullnose 30 derajat | 52 |
| Gambar 4.28 sketsa seawall jika ditambahkan bullnose 30 derajat tahun 2024..... | 52 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Fetch Jakarta | 33 |
| Tabel 4.2 prediksi gelombang..... | 33 |
| Tabel 4.3 perhitungan prediksi gelombang..... | 34 |
| Tabel 4.4 Gelombang signifikan dan Periode Tiap Tahun | 35 |
| Tabel 4.5. Periode ulang Weibull | 36 |
| Tabel 4.6 Hasil running | 43 |
| Tabel 4.7 Tingkat Akurasi Pemodelan..... | 44 |
| Tabel 4.8 Perhitungan tingkat akurasi | 44 |
| Tabel 4.9 Perhitungan Overtopping | 45 |
| Tabel 4.10 penambahan <i>freeboard</i> sebesar 3.64 m | 47 |
| Tabel 4.11 perkiraan penambahan freeboard dengan bullnose 60 derajat..... | 49 |
| Tabel 4.12 perkiraan penambahan freeboard dengan bullnose 30 derajat..... | 50 |

BAB I

PENDAHULUAN

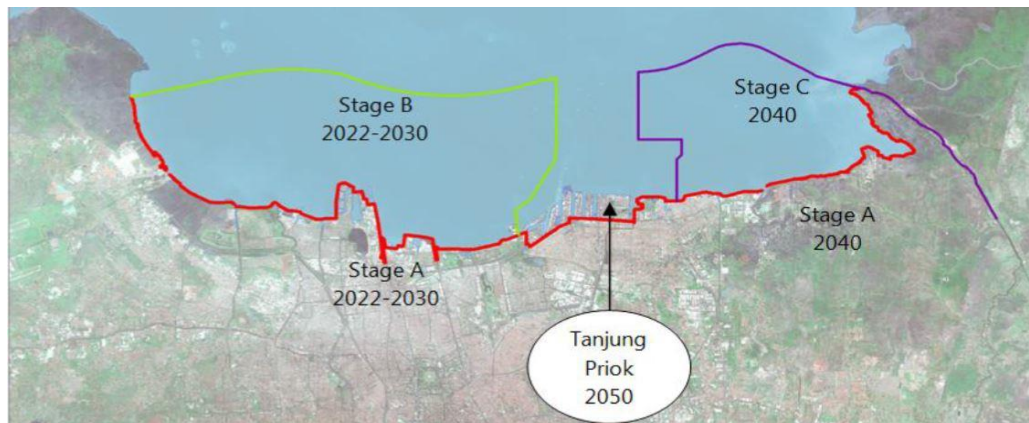
1.1 Latar Belakang Permasalahan

Jakarta sebagai ibu kota Republik Indonesia memiliki populasi sebesar 10.177.924 jiwa (BPS provinsi Jakarta, 2017). Kota Jakarta bukan hanya pusat pemerintahan tetapi juga sebagai pusat ekonomi dan bisnis. Sebagai kota pesisir, Kota Jakarta saat ini sedang menghadapi masalah karena eksploitasi berlebih akan air tanah, penurunan tanah, serta banjir akibat pasang (Steinberg, 2007). Banjir yang terjadi di kota Jakarta disebabkan oleh 3 hal . Penyebab pertama yaitu curah hujan yang sangat tinggi. Penyebab yang kedua adalah meluapnya sungai dikarenakan tersumbatnya sungai akibat sampah. Penyebab ketiga adalah *freeboard seawall* yang sudah tidak cukup tinggi untuk menahan air laut ketika terjadi pasang. Hal ini menyebabkan terjadinya *overflow* ketika air laut sedang pasang (PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014).

Untuk mengamankan pesisir kota Jakarta dari bahaya banjir ketika air pasang, pemerintah bekerja sama dengan konsultan asing untuk membangun sebuah proyek bernama NCICD (National Capital Integrated Coastal Development). NCICD memiliki tujuan sebagai solusi jangka panjang untuk mengurangi serta mencegah terjadinya banjir di Ibu kota Jakarta. (PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014). Dalam pengerjaannya, NCICD dibagi menjadi beberapa fase. Fase yang pertama (A) adalah mengoptimasi saluran air yang ada serta membangun *seawall* baru di sepanjang pesisir Jakarta. Fase yang kedua (B) adalah pembuatan kolam penampungan air dan *seawall* di sisi bagian barat Tanjung Priuk. Fase yang ketiga (C) adalah pembuatan kolam penampungan air dan *seawall* di sisi bagian timur Tanjung Priuk (PT Witteveen+Bos Indonesia, 2017).

Seawall NCICD fase A yang sudah dibangun tentu saja memiliki batasan-batasan ketika mengamankan pesisir kota Jakarta. Maka dari itu PT Witteveen+Bos Indonesia selaku konsultan perancang memperkirakan *seawall* NCICD fase A akan tetap efektif sampai tahun 2030 pada sisi bagian barat dan 2040 pada sisi bagian timur. *Seawall* ini nantinya akan dilanjutkan dengan *Seawall* NCICD fase B dan fase C. Hal ini dilakukan agar *seawall* tetap efektif dan aman dalam melindungi pesisir kota Jakarta. Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan keefektifan *seawall*. Menurut Takagi dkk (2017) untuk

menentukan keefektifan *seawall* pada proyek NCICD fase A, dilakukan pada kondisi overflowing, *overtopping*, dan pengecekan kestabilan strukturnya. Overflowing yang terjadi akan menyebabkan terjadinya banjir rob. Namun pada penelitian tersebut tidak disebutkan seberapa besar *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD. Sehingga penulis ingin melakukan penelitian berupa perhitungan *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD yang sudah dibuat. Perhitungan *overtopping* dilakukan agar mengetahui efektif atau tidaknya *seawall* NCICD fase A pada tahun yang sudah direncanakan.



Gambar 1.1 Pembagian fase proyek NCICD
(PT Witteveen+Bos Indonesia, 2017).

Setiap tahun *freeboard seawall* akan berkurang dikarenakan *land subsidence* dan kenaikan muka air laut. Laju *land subsidence* di kota Jakarta mencapai 28cm/tahun (Abidin dkk, 2011). Laju *land subsidence* yang terjadi di kota Jakarta terjadi secara linear (Andreas dkk, 2018). Sea level rise yang terjadi di Indonesia mencapai 0.8cm per tahun (BAPPENAS, 2010). Hal ini akan menyebabkan menurunnya *freeboard seawall* sehingga *overtopping* menjadi semakin besar. Maka dari itu pada penelitian ini juga akan dilakukan variasi penambahan *freeboard seawall* serta ditambahkan bullnose untuk mengurangi *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD fase A yang sudah dibuat. Bullnose adalah bagian dari *seawall* yang menggantung ke depan ataupun kebelakang. Bullnose memiliki fungsi untuk mengurangi *overtopping* yang terjadi pada *seawall* (Pearson dkk, 2005). Hasil perhitungan ini nantinya akan dicek apakah *seawall* NCICD fase A melewati kriteria desain yang sudah ditetapkan mengenai *overtopping* yang terjadi dan akan dibandingkan dengan perkiraan umur desain dari PT Witteveen+Bos Indonesia. PT Witteveen+Bos Indonesia menyatakan batas kriteria desain sebesar 5 l /m/s untuk *overtopping* yang terjadi (PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014). Kriteria desain tersebut berdasarkan pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta no 146 tahun 2014. Hal ini nantinya dapat digunakan menjadi bahan

informasi bagi pihak pemerintah, masyarakat, maupun perusahaan yang mendesain *seawall* untuk NCICD.

1.2 Perumusan Masalah

1. Berapa besar nilai *overtopping* yang terjadi pada keadaan freeboard *seawall* NCICD fase A tahun 2018 ?
2. Berapa besar penambahan *freeboard* minimum *seawall* serta penambahan bullnose yang dibutuhkan untuk mengurangi *overtopping* yang terjadi agar *seawall* NCICD fase A tetap efektif sampai tahun 2040?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui seberapa besar nilai *overtopping* yang terjadi pada keadaan freeboard *seawall* NCICD fase A tahun 2018.
2. Mengetahui seberapa besar penambahan *freeboard* minimum *seawall* serta penambahan bullnose yang dibutuhkan untuk mengurangi *overtopping* yang terjadi agar *seawall* NCICD fase A tetap efektif sampai tahun 2040

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil Tugas Akhir ini adalah mengetahui *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD fase A dengan freeboard tahun 2018 , dan mengetahui penambahan freeboard *seawall* minimum serta penambahan bullnose yang dibutuhkan dalam mengurangi *overtopping* yang terjadi agar *seawall* tetap efektif sampai tahun 2040. Sehingga harapannya hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dalam pengevaluasian *seawall* proyek NCICD. Keberadaan Tugas Akhir ini juga diharapkan bisa menjadi referensi bagi pemerintah DKI Jakarta serta perusahaan yang bergerak pada bidang desain dan pembangunan *seawall*.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang menjadi bahan kajian dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Daerah studi hanya pada daerah *seawall* NCICD yang sudah jadi, yaitu Kawasan pluit.
2. Studi ini hanya mempertimbangkan masalah teknis, tidak membahas masalah lingkungan dan ekonomi.
3. Variasi sudut kemiringan bullnose telah ditentukan (60 dan 30 derajat).

4. Ketinggian air laut bertambah akibat *sea level rise*.
5. *Land subsidence* dan *sea level rise* sampai tahun 2050 diasumsikan bertambah secara linear .
6. Bentuk *seawall* yang akan dihitung adalah plain *vertical wall* dan plain *vertical wall* dengan Bullnose.
7. Faktor penentu ketinggian seawall dibatasi oleh kenaikan muka air laut, *land subsidence*, besarnya gelombang, ketinggian air laut pasang, dan variasi bentuk seawall.
8. Pemodelan gelombang dilakukan secara 2D dengan menggunakan software delft3D wave.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan masalah , maka sistematika penulisan tugas akhir yang digunakan adalah sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang penelitian ini perlu dilakukan , perumusan masalah, tujuan dan manfaat yang dicapai. Batasan masalah juga diberikan agar pembahasan serta variabel yang digunakan tidak meluas. Untuk mempermudah dalam membaca serta memahami isi laporan maka diperlukan sistematika penulisan laporan.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA dan DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori serta tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian perumusan masalah yang ada.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Bab IV ANALISA DATA dan PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil Analisa yang dilakukan. Hasil pengolahan data digunakan untuk menjawab perumusan masalah yang ada

Bab V KESIMPULAN dan SARAN

Bab ini berisi tentang jawaban dari permasalahan yang ada serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Seawall adalah salah satu jenis bangunan pantai yang memisahkan daratan dan perairan pantai. *Seawall* berfungsi sebagai pelindung pantai dari gelombang yang datang dan *overtopping* ke darat (Triadmodjo, 1999). Pada bagian belakang *seawall* biasanya berupa daerah kosong yang baru saja diisi oleh tanah urukan (US Army Corps Engineer, 1984). Sehingga *seawall* digunakan sebagai bangunan pelindung pantai pada pesisir Kota Jakarta. Gambar 2.1 adalah salah satu bagian dari NCICD fase A



Gambar 2.1 *Vertical Seawall* Proyek NCICD fase A di Kawasan Pluit

(Nugroho, 2018)

Dalam praktiknya, ketika *seawall* sudah dibangun tentu saja menghadapi resiko dari gelombang yang datang. Menurut Allsop dkk (2005) salah satu resiko yang harus dihadapi adalah *overtopping*. Kawasan pesisir yang dilindungi oleh *seawall* akan terancam oleh bahaya yang terjadi akibat *overtopping*. Ancaman tersebut terbagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Bahaya langsung akibat terkena *overtopping*. Hal ini akan menyebabkan luka-luka ataupun kematian pada pejalan kaki, turis, dan pekerja yang berada pada kawasan terdampak langsung

2. Kerusakan pada property ataupun infrastruktur terdampak. Hal ini akan menyebabkan kerugian langsung secara ekonomi, ataupun mengganggu proses berjalannya ekonomi
3. Kerusakan pada struktur pelindung. Hal ini akan terjadi baik dalam jangka pendek ataupun jangka Panjang

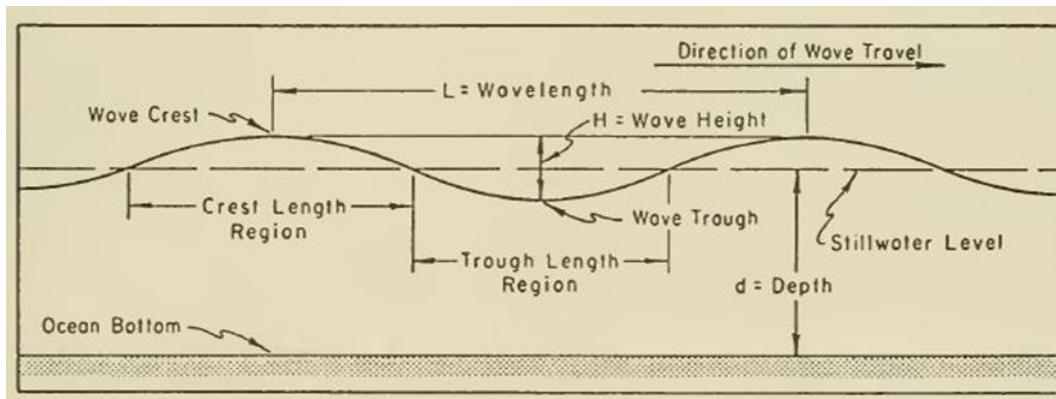
Maka dari itu perhitungan *overtopping* pada *seawall* menjadi sangat penting baik ketika dalam tahap mendesain maupun ketika mengevaluasi.

Dalam pembahasan mengenai *overtopping*, sudah mulai banyak seperti Allsop dkk (2005) yang berjudul *Safety under wave overtopping - how overtopping processes and hazards are viewed by the public?*. Penelitian tersebut lebih banyak membahas mengenai dampak dari *overtopping* yang terjadi serta penjelasan mengenai batas-batas aman ketika terjadi *overtopping*. Dalam upaya untuk memperkecil *overtopping* yang terjadi pada *seawall*, bisa dilakukan dengan memberikan *bullnose* ataupun *recurve wall*. Schoones (2014) dalam Thesisnya menyatakan bahwa penggunaan *bullnose* (*recurve wall*) bisa menjadi solusi untuk meminimalkan tinggi *seawall* namun tetap mengurangi *overtopping* yang terjadi. Beberapa penelitian yang membahas mengenai penggunaan *bullnose* yaitu Pearson dkk (2005) yang berjudul *Effectiveness of recurve wave walls in reducing wave overtopping on seawalls and breakwaters* dan Van Der Meer dkk (2016) yang berjudul *EurOtop Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*.

Ketika melakukan penelitian mengenai *seawall* NCICD fase A, sudah dilakukan oleh Takagi dkk (2017). Namun penelitian hanya dilakukan perhitungan keefektifan *seawall* NCICD fase A berdasarkan kondisi *overflowing*. Parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah dengan mensimulasi beberapa ketinggian *seawall* sehingga bisa didapatkan luasan daerah yang banjir akibat *overflow*. *Overtopping* bisa digunakan sebagai parameter untuk menentukan efektif atau tidaknya sebuah *seawall*. Sehingga pada penelitian ini penulis ingin menghitung mengenai *overtopping* yang terjadi pada *seawall* menggunakan rumus Empiris yang sudah dihasilkan pada penelitian sebelumnya.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gelombang



Gambar 2.2 Karakteristik gelombang

(US Army Corps Engineer, 1984)

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada pembangkitnya. Diantaranya yaitu gelombang pasang surut, gelombang tsunami dan gelombang angin (Triadmojo, 1999). Gelombang angin akan tercipta ketika aliran udara berhembus melewati permukaan air. Gelombang yang tercipta akibat angin bisa dibedakan menjadi 2 jenis yaitu seas dan swell. Seas adalah kondisi dimana gelombang tercipta ketika aliran udara dari badai lokal berhembus menuju ke daratan. Swell adalah kondisi dimana aliran udara dari badai yang sangat jauh sehingga tercipta gelombang. Lokasi dimana gelombang tersebut tercipta disebut dengan fetch. Untuk mencari Fetch efektif digunakan

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.1)$$

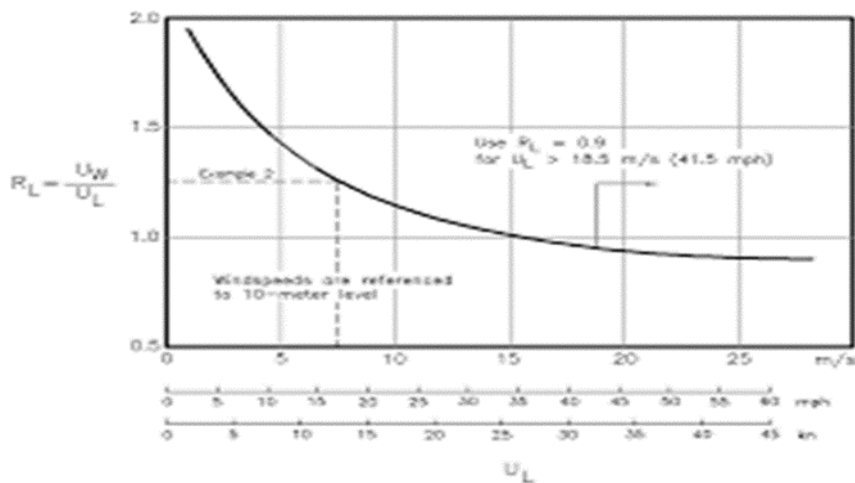
Dengan:

F_{eff} : fetch 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.

Gelombang yang tercipta akibat angin bisa disebut dengan *wind waves*. *Wind waves* biasanya didefinisikan berdasarkan tinggi, panjang, ataupun periodenya. Ketinggian gelombang adalah jarak vertikal yang diukur dari puncak gelombang sampai ke dasar gelombang. Panjang gelombang adalah jarak secara horizontal dari puncak gelombang ke puncak lainnya. Sedangkan periode adalah waktu yang dibutuhkan untuk Bergeraknya satu gelombang. (US Army Corps Engineer, 1984). Data kecepatan angin yang digunakan sebelumnya diukur kecepatan angin di atas darat (U_L), sementara pada penelitian ini memerlukan data yang seharusnya diukur kecepatan angin di atas laut (U_W). Hubungan antara angin di atas laut dan angin di daratan terdekat diberikan oleh $R_L = U_W/U_L$. sehingga perlu diubah data kecepatan angin darat menjadi data kecepatan angin di atas laut menggunakan grafik rasio R_L , U_W , dan U_L (CERC, 1984)



Gambar 2.3 Rasio R_L , U_W , dan U_L

(CERC, 1984)

Prediksi gelombang dari data angin digunakan untuk mendapatkan informasi kondisi gelombang dominan pada daerah penelitian. Metode peramalan gelombang menggunakan metode *Svedrup Munk Bretcheider*. (CERC, 1984). Karena permukaan bumi yang kasar, maka aliran angin akan melambat sehingga kecepatan angin di atas laut (U_W) perlu diubah menjadi faktor tegangan angin (U_A).

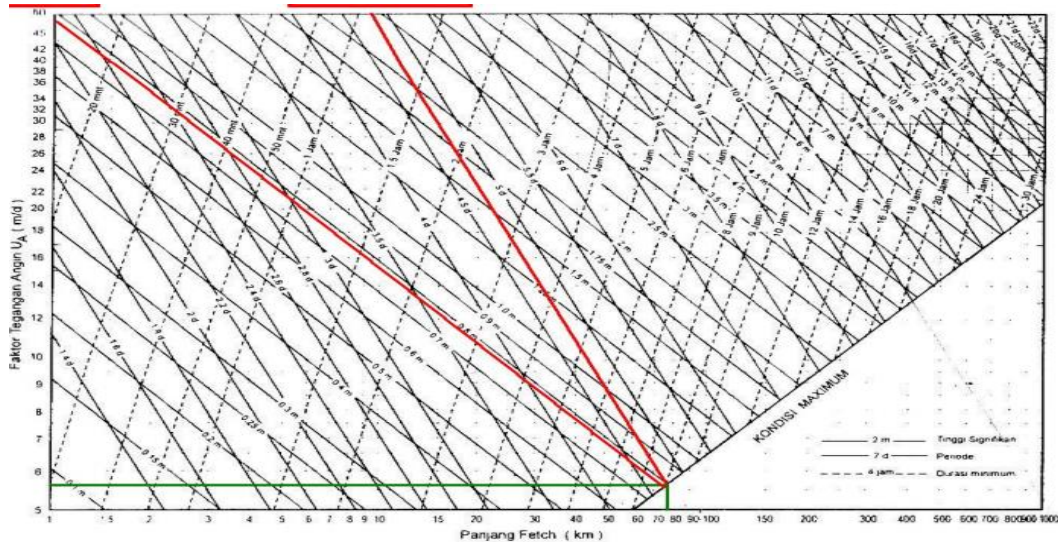
$$U_A = 0.71 \times U_W^{1.23} \quad (U_W \text{ in meter/second}) \quad (2.2)$$

Dengan:

U_A = faktor tegangan angin

U_w = kecepatan angin di atas air

Untuk memperkirakan besarnya gelombang signifikan dan periode signifikan, bisa digunakan acuan buku SPM 1984 maupun grafik peramalan gelombang Teknik Pantai 1999. Pada penelitian ini digunakan metode yang terdapat pada buku Shore Protection Manual 1984



Gambar 2.4 Grafik Peramalan gelombang

(Triadmojo, 1999)

2.2.2 Perkiraan Gelombang Periode Ulang

Untuk memperkirakan besarnya gelombang dengan periode tertentu, dibutuhkan data pengukuran dengan jangka waktu pengukuran yang cukup Panjang. Di Indonesia belum banyak dilakukan pengukuran gelombang dengan jangka waktu yang lama dikarenakan sangat sulit dan juga biaya akan sangat mahal. Sehingga digunakan perkiraan gelombang menggunakan data angin. Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Misalnya apabila $T = 1000$, gelombang yang diperkirakan adalah gelombang 1000 tahunan atau gelombang dengan periode ulang 1000 tahun, artinya bahwa gelombang tersebut diharapkan akan disamai atau dilampaui rata – rata sekali dalam 1000 tahun. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana ini, maka hasil tinggi gelombang yang didapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang periode ulang adalah distribusi Weibull (Triadmojo, 1999)

Distribusi weibull

$$P(Hs \leq \hat{H}s) = 1 - e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}s-B}{A}\right)^k}} \quad (2.3)$$

Dengan:

$P(Hs \leq \hat{H}s)$ = Probabilitas bahwa $\hat{H}s$ tidak dilampaui

Hs = Tinggi gelombang representatif

$\hat{H}s$ = Tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A = Parameter skala

B = Parameter lokasi

k = Parameter bentuk

kemudian data yang ada diurutkan dengan urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

distribusi Weibull

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m-0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{NT+0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.4)$$

dengan

Hsm = Tinggi gelombang urutan ke m

m = Nomor urut tinggi gelombang signifikan

NT = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Parameter A dan B dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisa regresi linier dari hubungan berikut :

$$Hsm = A ym + B \quad (2.5)$$

Dimana ym didapat dari

$$ym = [-\ln \{ 1 - F(Hs \leq Hsm) \}]^{1/k} \quad (2.6)$$

sedangkan tinggi gelombang signifikan pada periode ulang tertentu dihitung dari fungsi probabilitas dengan rumus:

$$Hsr = A.yr + B \quad (2.7)$$

Dimana yr didapat dari:

$$yr = [\ln(L.Tr)]^{1/k} \quad (2.8)$$

dengan:

Hsr = tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

Tr = periode ulang (tahun)

K = panjang data (tahun)

L = rerata jumlah kejadian per tahun

2.2.3 Pasang Surut

Pasang surut 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 massa bulan jauh lebih kecil dari matahari, namun posisi bulan lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari. Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran (Triadmojo, 1999).

1. Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

2. Pasang surut harian tunggal (diurnal tide)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal tide)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal tide)

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 yang sangat berbeda. Mengingat elevasi di laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

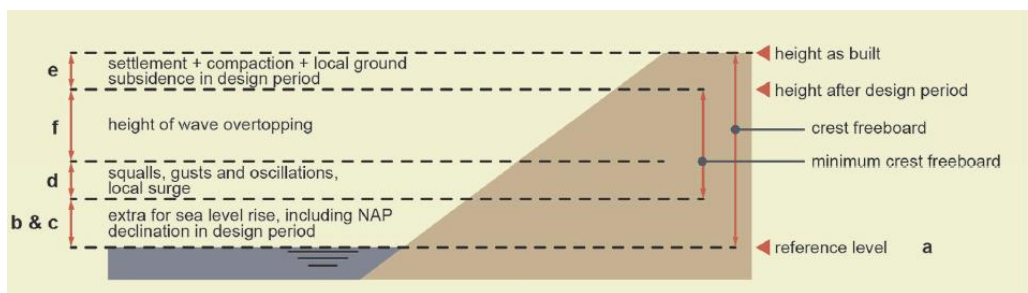
1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water spring*, MHWS), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWS), 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 spring*, HWS), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water spring*, LWS), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Ketinggian dari elevasi muka air akan sangat menentukan desain dari sebuah *Seawall*. Muka air yang tinggi akan menyebabkan semakin besarnya gelombang yang akan menuju pantai sehingga menabrak struktur, serta merusak tepi pantai dengan energi yang besar dan kemungkinan erosi akan semakin tinggi. Muka air yang tinggi juga akan menyebabkan *overtopping* pada bangunan *seawall* (Kamphuis, 2000)

2.2.4 Design Water level dan Elevasi Ketinggian Puncak Bangunan Pantai

Design water level (elevasi muka air rencana) adalah parameter yang sangat penting ketika sedang merencanakan bangunan pantai. Elevasi tersebut adalah penjumlahan dari berapa parameter yang ada seperti pasang surut, tsunami, wave setup, wind set up, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global (Triadmojo, 1999). Ketika sedang merencanakan sebuah bangunan pantai, tentu saja harus menentukan ketinggian bangunan yang sedang direncanakan. Perencanaan ketinggian puncak tidak hanya berdasarkan *wave run up* ataupun *wave opertopping* (Van Der Meer dkk, 2016). Selain kedua kriteria tersebut, terdapat berbagai macam kriteria yang dimasukkan ketika mendesain ketinggian puncak sebuah bangunan, yaitu:

1. Referensi level muka air
2. Kenaikan muka air akibat perubahan suhu global
3. Penurunan ketinggian tanah
4. Menyediakan ketinggian tambahan untuk mengakomodasi kenaikan muka air akibat badai (*storm surge*)
5. Menyediakan ketinggian tambahan untuk mengakomodasi kemungkinan terjadinya penurunan ketinggian tanah akibat terdapatnya bangunan diatas tanah tersebut (*settlement*)
6. *overtopping*



Gambar 2.5 Aspek yang digunakan dalam perencanaan ketinggian
(Van Der Meer dkk, 2016)

2.2.5 Land subsidence

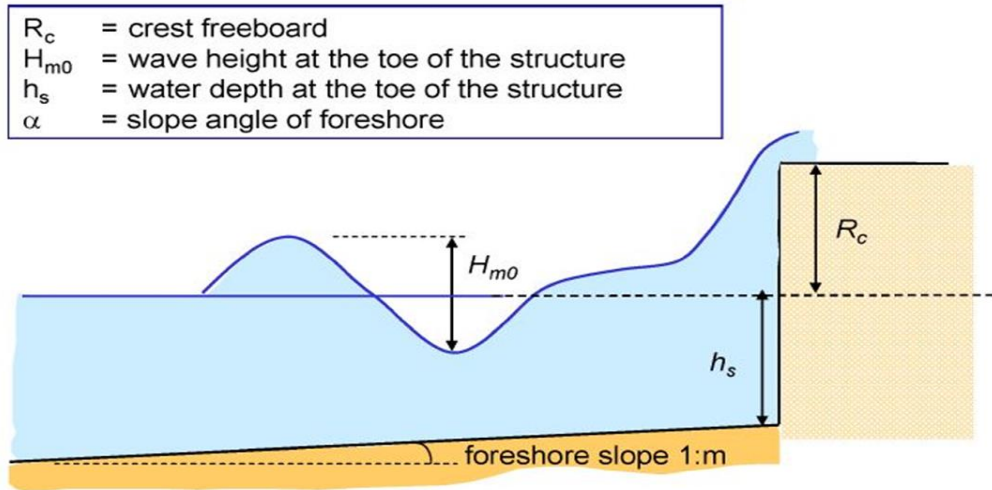
Land subsidence (penurunan tanah) adalah suatu fenomena alam yang banyak terjadi di kota-kota besar yang berdiri di atas lapisan sedimen, seperti Jakarta, Semarang, Bangkok, Shanghai, dan Tokyo ada beberapa faktor penyebab terjadinya penurunan tanah yaitu : pengambilan air tanah yang berlebihan, penurunan karena beban bangunan, penurunan karena adanya konsolidasi alamiah dari lapisan-lapisan tanah, serta penurunan karena gaya-gaya tektonik (Geodesy, 2007). Penurunan akibat pengambilan air tanah yang berlebihan adalah salah satu tipe penurunan tanah yang dominan untuk kota Jakarta sehingga menyebabkan penurunan sebesar 28 cm/ tahun (Abidin dkk, 2011). Takagi dkk (2016) pada peneliannya mengenai proyeksi banjir jakarta akibat air pasang tahun 2050 mengasumsikan laju penurunan tanah terjadi secara linear sampai tahun 2050. Pada umumnya, permasalahan yang terjadi di Jakarta disebabkan oleh *land subsidence* (Hoek dkk, 2018)

2.2.6 Seawall

Seawall adalah sebuah bangunan pelindung pantai yang dibuat di sepanjang pantai yang dilindunginya . *Seawall* digunakan sebagai salah satu cara untuk melindungi kawasan pesisir dari banjir yang terjadi akibat air laut pasang (PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014). Menurut Kamphuis (2000) *seawall* digunakan sebagai salah satu metode dalam melindungi

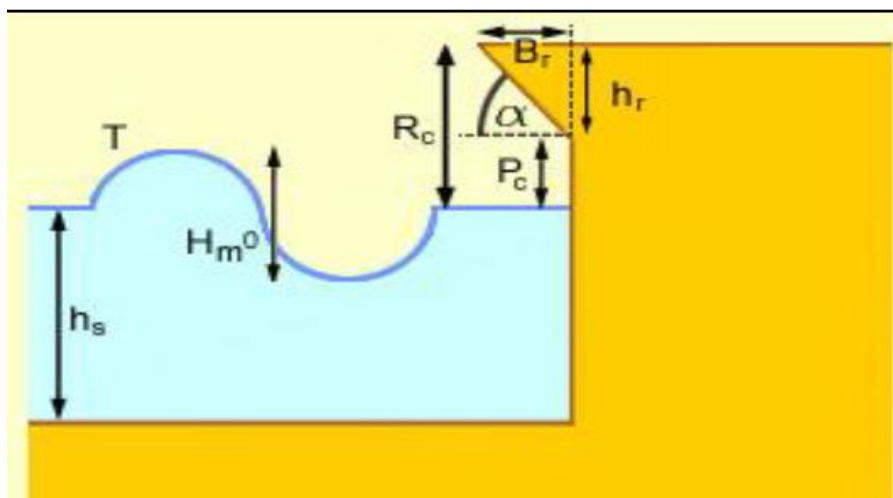
kawasan yang rawan terjadinya erosi pantai seperti jalan ataupun bangunan yang berada di pinggir pantai.

seawall memiliki berbagai macam tipe, diantaranya:



Gambar 2.6 Plain vertical wall

(Van Der Meer dkk, 2016)



Gambar 2.7 Plain vertical wall dengan bullnose

(Van Der Meer dkk, 2016)

Freeboard seawall harus cukup tinggi untuk bisa menahan overtopping. Overtopping yang terjadi dapat terjadi dapat mengakibatkan kerusakan bangunan Untuk meminimalkan tingginya freeboard yang harus digunakan, maka bisa ditambahkan bullnose. Pada penelitian ini bullnose yang digunakan memiliki kemiringan 60 dan 30 derajat. Jika tinggi kedua bullnose adalah sama, maka perbedaan kemiringan akan menyebabkan perbedaan panjang bullnose. Perkiraan overtopping yang terjadi pada seawall dengan bullnose menggunakan

bantuan K factor. K factor adalah rasio overtopping seawall tanpa bullnose dan seawall dengan bullnose. Besarnya K factor bergantung pada dimensi seawall dan juga dimensi bullnose.

2.2.7 Batimetri

Batimetri merupakan ukuran tinggi rendahnya dasar laut, sehingga peta batimetri memberikan informasi tentang dasar laut. Informasi Batimetri dapat memberikan manfaat pada beberapa bidang yang berkaitan dengan dasar laut, seperti alur pelayaran untuk kapal rakyat. Data tentang kedalaman atau batimetri dapat menjadi salah satu data acuan dalam pelayaran (Febrianto dkk, 2015). Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan relief lantai atau dataran dengan garis-garis kontur (*contour lines*) yang disebut kontur kedalaman (*depth contours* atau *isobath*), dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan. Selain itu, batimetri digunakan sebagai salah satu acuan untuk menentukan kedalaman lokasi dimana sebuah struktur akan dibangun.

2.2.8 Overtopping

Overtopping adalah limpasan air yang terjadi di belakang struktur yang dapat mengakibatkan runtuh/tererosinya struktur akibat perbedaan elevasi muka air di belakang dan di depan struktur yang cukup besar. *Overtopping* adalah debit rata-rata per meter lebar linear, biasanya disimbolkan dengan q . satuan dari *overtopping* adalah l/m/s (Van Der Meer dkk, 2016). *Overtopping* terjadi ketika air laut naik melewati bagian puncak dari bangunan pelindung pantai seperti *revertment*, *seawall*, *breakwater*. Frekuensi, volume, serta kecepatan dari *overtopping* biasanya digunakan sebagai parameter untuk menentukan keselamatan dari orang-orang yang berada di sekitar struktur (Allsop dkk, 2003). Menurut CIRIA dkk (2007) untuk menghindari terjatuhnya korban akibat terkena hampasan *Overtopping*, terdapat parameter yang mengklasifikasikan besaran *overtopping*, yaitu:

Pejalan kaki

$q > 0.03$ l/m/s : Tidak aman bagi pejalan kaki yang tidak waspada, pandangan kearah laut tidak jelas. sedikit menakutkan

$q > 0.1$ l/m/s : Tidak aman bagi pejalan kaki yang waspada, menyebabkan sedikit basah bagi pejalan kai yang lewat

$q > 1 \sim 10$ l/m/s: Tidak aman bagi staf terlatih, bersiap-siap untuk basah

Kendaraan darat

$q > 0.01 \sim 0.06$ l/m/s: tidak aman bagi kendaraan dengan kecepatan sedang ataupun tinggi

$q > 10 \sim 50$ l/m/s: Tidak aman bagi kendaraan dengan kecepatan pelan

Kapal bersandar.

$q > 10$ l/m/s: Tenggelamnya kapal kecil yang berjarak 5 ~ 10 meter didepan *seawall*.
Merusak kapal yacht besar.

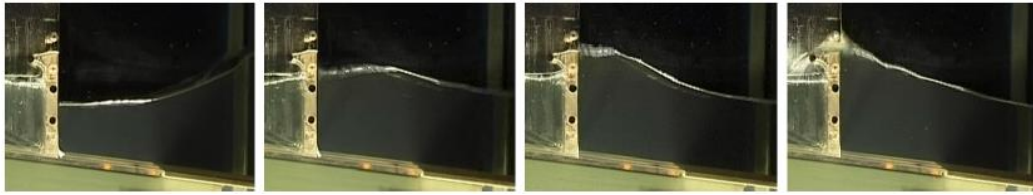
$q > 50$ l/m/s: Menyebabkan kerusakan yang relative besar bahkan menenggelamkan kapal yacht berukuran besar.



Gambar 2.8 Insiden tersapunya manusia akibat *Overtopping* yang terjadi

(Allsop dkk, 2005)

Overtopping terdiri dari 2 tipe yaitu *impulsive* dan *non impulsive*. *Non impulsive* adalah ketika *overtopping* yang terjadi di atas *seawall* relative landai. *Impulsive* adalah ketika *overtopping* yang terjadi di atas *seawall* cenderung kasar dan menyemburkan air ke daerah sekitar *seawall* (Van Der Meer dkk, 2016)



Gambar 2.9 Kondisi *overtopping* non impulsive
(Kim, 2010)



Gambar 2.10 Kondisi *overtopping* impulsive
(Kim, 2010)

Penentuan impulsive

$$\left(\frac{h^2}{H_{m0}L_{m-1,0}}\right) > 0,23 \text{ Non impulsive} \quad (2.9 \text{ a})$$

$$\left(\frac{h^2}{H_{m0}L_{m-1,0}}\right) \leq 0,23 \text{ impulsive} \quad (2.9 \text{ b})$$

Untuk menghitung besarnya *overtopping* yang terjadi pada *seawall* dengan bentuk *vertical*, telah dikembangkan oleh Van Der Meer dkk (2014) dengan kondisi *overtopping impulsive*.

Persamaan *Overtopping vertical wall*

$$\frac{q}{\sqrt{gH^3_{m0}}} = 0,011 \left(\frac{H_{m0}}{hs_{m-1,0}}\right)^{0,5} \exp\left(2,2 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) \quad (2.10 \text{ a})$$

Untuk $R_c / H_{m0} < 1,35$

$$\frac{q}{\sqrt{gH^3_{m0}}} = 0,0014 \left(\frac{H_{m0}}{hs_{m-1,0}}\right)^{0,5} \left(\frac{R_c}{H_{m0}}\right)^{-3} \quad (2.10 \text{ b})$$

untuk $R_c / H_{m0} > 1,35$

Dimana q adalah volume *overtopping* yang terjadi, g adalah percepatan gravitasi, H_{m0} adalah ketinggian gelombang signifikan, h adalah kedalaman air didepan *seawall*, R_c adalah *freeboard* pada *seawall*, $s_{m-1,0}$ adalah *wave steepness* berdasarkan $T_{m-1,0}$, dan

$L_{m-1,0}$ adalah *spectral wave length in deep water*

Dengan

$$H_s = 0,9 H_{m0} \quad (2.10)$$

$$T_{m-1,0} = 0,9 T_p \quad (2.11 a)$$

$$S_{m-1,0} = 2\pi H_{m0} / (g T_{m-1,0}^2) \quad (2.11 b)$$

$$L_{m-1,0} = g T_{m-1,0}^2 / 2\pi \quad (2.11 c)$$

Untuk menghitung besarnya *overtopping* yang terjadi pada *seawall* dengan bentuk *vertical* dan memiliki *bullnose*, telah dikembangkan persamaan oleh Kortenhaus dkk (2003). Untuk mendapatkan besarnya *overtopping* pada *vertical wall* dengan *bullnose*, digunakan “k” factor. k factor adalah keefektifan sebuah *bullnose* untuk mengurangi *overtopping* yang terjadi dan dituliskan menjadi:

$$k = \frac{q \text{ dengan bullnose}}{q \text{ tanpa bullnose}} \quad (2.12)$$

untuk mendapatkan nilai k, sangatlah ditentukan oleh ukuran dari *bullnose* yang ada. Sehingga ada beberapa persamaan yang harus digunakan tergantung dari ukuran *bullnose*.

$$\text{jika } \frac{R_c}{H_s} \leq R^*_0, \text{ maka } k = 1 \quad (2.13 a)$$

$$\text{jika } R^*_0 < \frac{R_c}{H_s} < R^*_0 + m^*, \text{ maka } k = 1 - \frac{1}{m} \left(\frac{R_c}{H_s} - R^*_0 \right) \quad (2.13 b)$$

$$\text{jika } \frac{R_c}{H_s} \geq R^*_0 + m^*, \text{ maka } k = k_{3-0,01} \left(\frac{R_c}{H_s} - R^*_0 - m^* \right) \quad (2.13 c)$$

$$\text{dengan } R^*_0 = 0,25 \frac{h_r}{B_r} + 0,05 \frac{P_r}{R_c} \quad (2.14)$$

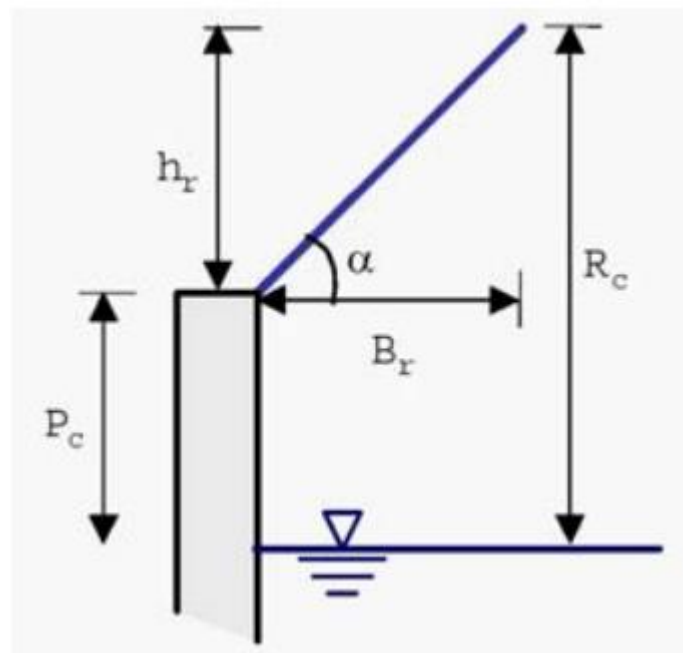
$$m = 1,1 \sqrt{\left(\frac{h_r}{B_r} + 0,2 \frac{P_r}{R_c} \right)} \quad (2.15)$$

$$m^* = m \left(1 - \frac{k_3}{1 - 0,01 m} \right) \text{ dengan } k_3 = 0,05 \quad (2.16)$$

dimana α adalah sudut dari bullnose, R_c adalah *freeboard* dari *seawall*, H_s adalah tinggi gelombang signifikan, h_s adalah kedalaman air, B_r adalah panjang *bullnose* yang menggantung, h_r adalah tinggi bullnose, m dan m^* adalah factor tanpa dimensi untuk penentuan keefektifan bullnose, $P_c = P_r$ adalah *freeboard* relative dan R_0^* adalah parameter panjang tanpa dimensi untuk penentuan keefektifan bullnose. Besarnya nilai *overtopping* yang terjadi pada *seawall* sangat dipengaruhi oleh *freeboard* pada *seawall* tersebut. Sehingga untuk mendapatkan nilai *overtopping* yang rendah, desainer akan menentukan *freeboard* yang cukup. Namun dengan berjalannya waktu, *freeboard* dari *seawall* akan berkurang diakibatkan terjadinya *land subsidence* serta naiknya permukaan air. Untuk menentukan *freeboard* yang tersisa akibat *land subsidence*, Mehrabani dkk (2015) membuat persamaan :

$$R_c(t) = R_c(0) - \Delta h_w(t) - \sum \Delta H_d(\Delta t) \quad (2.17)$$

Dimana $R_c(0)$ adalah *freeboard* saat ini, Δh_w adalah *sea level rise*, $\sum \Delta H_d$ adalah *land subsidence* rate, dan t adalah satuan waktu.



Gambar 2.11 Sket gambar *vertical wall* dengan bullnose

(Kortenhaus dkk, 2003)

2.2.9 Pemodelan Gelombang Dengan Delft3D

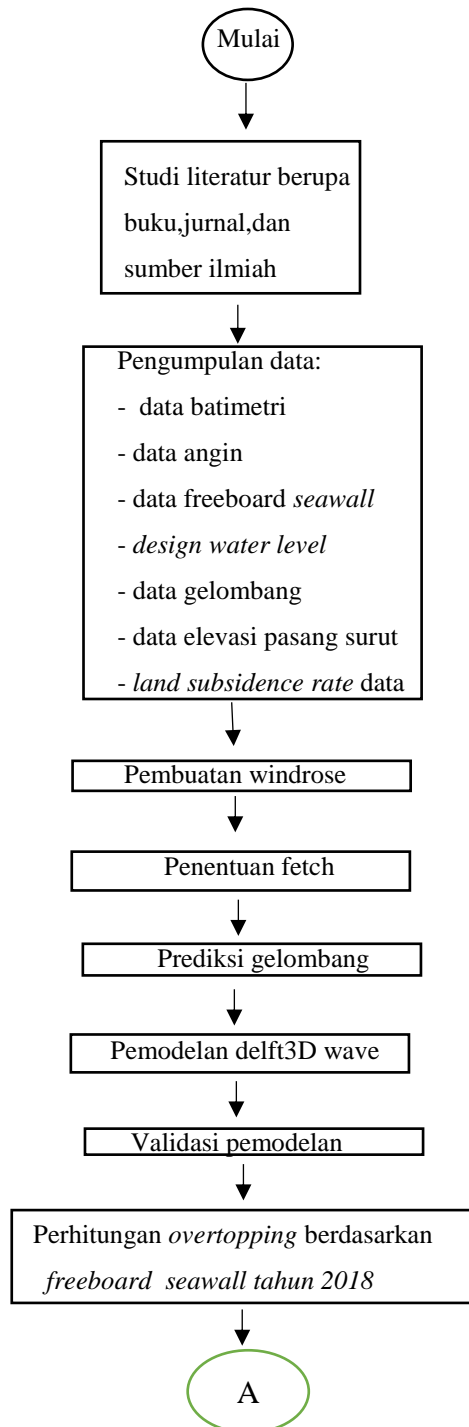
Delft3d merupakan sebuah aplikasi bebas akses terbuka yang dikembangkan oleh institusi Pendidikan Deltares. Delft3d bisa digunakan untuk memodelkan hidrodinamika, transport sedimen, aliran sungai, perubahan morfologi, pantai kualitas air, dan perambatan gelombang. Dalam penelitian ini, delft3d wave digunakan untuk mensimulasikan perambatan gelombang yang terjadi di teluk Jakarta. Nilai yang didapatkan dari hasil pemodelan adalah nilai tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang di beberapa lokasi yang sudah ditentukan.

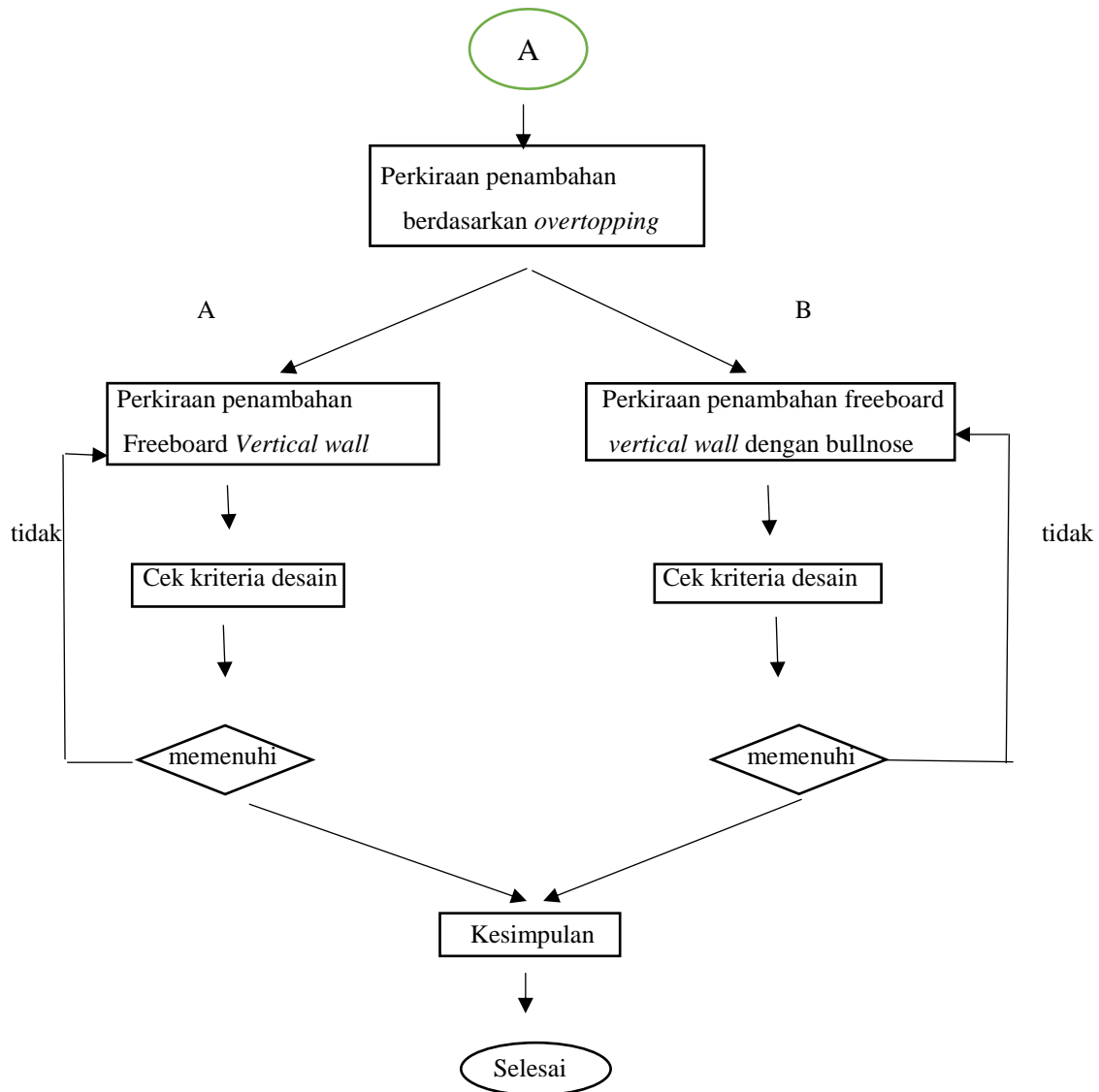
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Untuk mempermudah pengerjaan tugas akhir ini maka diperlukan diagram alir. Secara garis besar tugas akhir ini dijelaskan dalam diagram alir:





3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur dan langka-langkah penelitian dalam tugas akhir ini dijealaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur dari beberapa sumber. Sumber yang bisa dipakai adalah jurnal, buku ilmiah, maupun laporan dari proyek NCICD. Tujuannya adalah untuk memahami lebih dalam serta menjadi referensi mengenai permasalahan yang terjadi maupun tentang *overtopping*.

2. Pengumpulan data

Pada tahapan ini penulis perlu melakukan pengumpulan data. Data yang diolah berasal dari hasil survei, laporan perusahaan yang mengerjakan, maupun dari sumber lainnya. Data yang diperlukan antara lain:

- a. Data batimetri
- b. Data angin

- c. data *freeboard seawall*
- d. *design water level* yang direncanakan
- e. data gelombang
- f. data elevasi pasang surut
- g. data *land subsidence rate*

3. Pembuatan Windrose

Pada tahapan ini penulis melakukan pengolahan data angin sehingga didapatkan grafik windrose untuk menunjukkan arah angin yang dominan.

4. Penentuan Fetch.

Pada tahapan ini penulis melakukan penentuan fetch sehingga didapatkan besaran nilai fetch.

5. Prediksi gelombang

Pada tahapan ini penulis melakukan perhitungan prediksi gelombang yang didapatkan dari pengolahan data angin dan fetch. Hasil dari perhitungan prediksi gelombang akan dimasukkan ke dalam pemodelan delft3d wave

6. Pemodelan delft3d Wave

Pada tahapan ini penulis melakukan pemodelan simulasi gelombang menggunakan delft3d wave untuk mendapatkan ketinggian gelombang di area yang sudah ditentukan. Hasil dari simulasi akan digunakan untuk menghitung *overtopping* yang terjadi

7. Perhitungan *overtopping* berdasarkan *freeboard seawall* tahun 2018

Pada tahapan ini penulis melakukan perhitungan *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD fase A dengan *freeboard* pada tahun 2018

7.A. Perkiraan penambahan *freeboard vertical wall*

Pada tahapan ini penulis melakukan penambahan *freeboard* sebesar 3.64 m dari kondisi *seawall* saat ini. Penambahan *freeboard* dilakukan untuk mengakomodir penurunan *freeboard seawall* akibat kenaikan muka air laut dan *land subsidence*.

7.B Perkiraan penambahan freeboard *vertical wall* dengan bullnose

Pada tahapan ini penulis melakukan penambahan freeboard *seawall* serta bullnose sebesar 3.64 m dari kondisi *seawall* saat ini. Penambahan freeboard dilakukan untuk mengakomodir penurunan freeboard *seawall* akibat kenaikan muka air laut dan *land subsidence*.

8.A. Cek kriteria desain

Jika *overtopping* yang terjadi melebihi batasan sebesar 5 l/m/s, maka freeboard *seawall* akan terus dinaikan agar tidak melebihi batasan *overtopping* yang terjadi. pengecekan *overtopping* dilakukan pada kondisi ketinggian gelombang dengan return period 10 tahun, 100 tahun, serta 1000 tahun

8. B. Cek kriteria desain

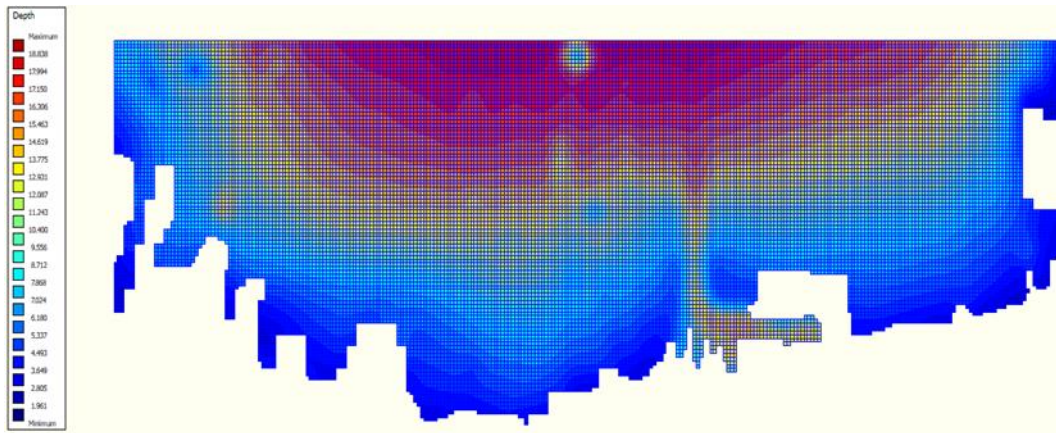
Jika *overtopping* yang terjadi melebihi batasan sebesar 5 l/m/s, maka freeboard *seawall* akan terus dinaikan agar tidak melebihi batasan *overtopping* yang terjadi. pengecekan *overtopping* dilakukan pada kondisi ketinggian gelombang dengan return period 10 tahun, 100 tahun, serta 1000 tahun

9. Kesimpulan

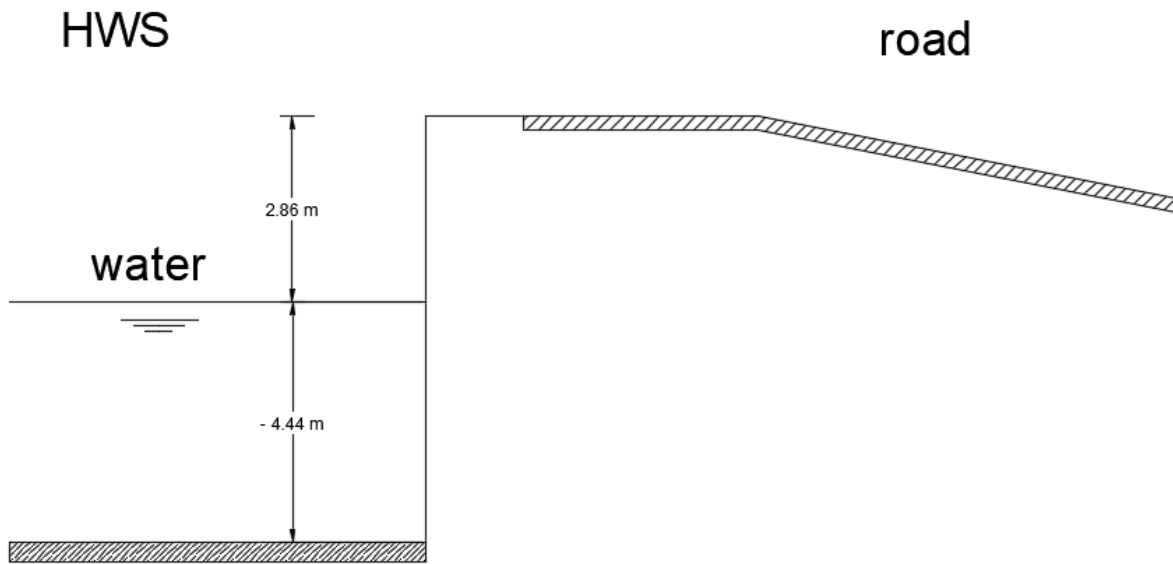
Pada tahapan ini penulis menuliskan kesimpulan dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan

3.3 Data

Untuk melakukan perhitungan *overtopping* pada *seawall* proyek NCICD fase A, diperlukan sejumlah data. Data yang dibutuhkan yaitu: Batimetri, angin, freeboard *Seawall*, *design water level*, ketinggian dan periode gelombang, elevasi pasang surut dan *land subsidence rate*. Data tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam rumus untuk perhitungan besarnya *overtopping* yang terjadi.



Gambar 3.1. Batimetri Jakarta



Gambar 3.2. Sketsa seawall di kawasan pluit tahun 2018

| stage | | 2012 | 2022 | 2030 | 2040 |
|--------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|
| mean high water spring (MHWS) | [m+LWS ₂₀₁₂] | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| water level anomaly | [m] | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| sea level rise | [m] | 0.00 | 0.08 | 0.14 | 0.22 |
| design water level | [m+LWS ₂₀₁₂] | 1.69 | 1.77 | 1.83 | 1.91 |
| Estimated dike level to 1:1000 | [m+LWS ₂₀₁₂] | 3.0 | 3.7 | 4.8 | 5.0 |

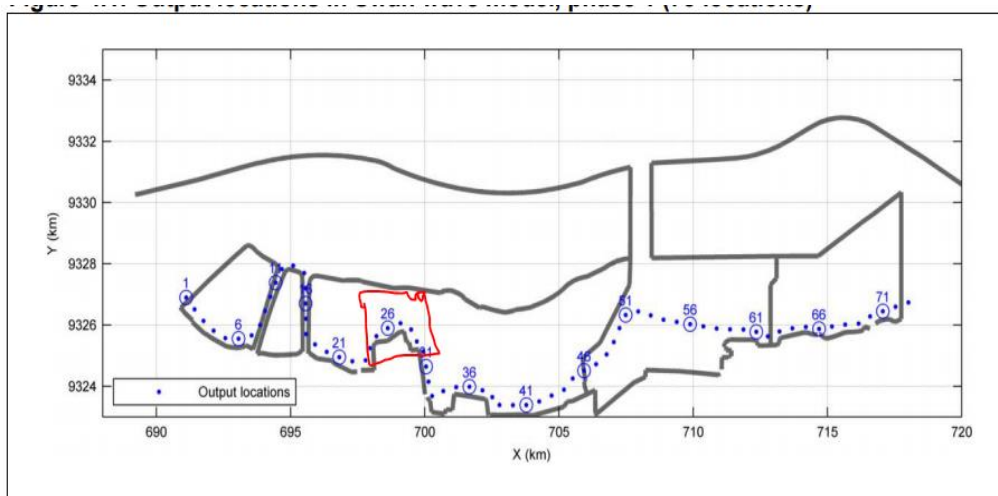
Gambar 3.3. Design water level untuk seawall fase A

(PT Witteveen+Bos Indonesia, 2017)

| Method | Period | Subsidence rates (cm/year) |
|------------------|-----------|----------------------------|
| Leveling surveys | 1982–1991 | 1–9 |
| | 1991–1997 | 1–25 |
| GPS surveys | 1997–2010 | 1–28 |
| InSAR | 2006–2007 | 1–12 |

Gambar 3.4. Land subsidence Rate di DKI Jakarta

(Abidin dkk, 2011)



Gambar 3.5 Penomoran lokasi untuk Seawall

(PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014)

| Segment | Segment | | RP 10 year | | | RP 100 year | | | RP 1,000 year | | |
|---------|---------|-------------|------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|
| | name | first point | last point | H_{m0} [m] | $T_{m-1,0}$ [s] | T_p [s] | H_{m0} [m] | $T_{m-1,0}$ [s] | T_p [s] | H_{m0} [m] | $T_{m-1,0}$ [s] |
| A | 1 | 7 | 1.3 | 5.4 | 7.6 | 1.6 | 6.0 | 8.6 | 1.7 | 6.5 | 10.0 |
| B | 8 | 11 | 1.5 | 5.2 | 7.1 | 2.1 | 6.3 | 8.4 | 2.7 | 7.2 | 9.4 |
| C | 12 | 15 | 1.7 | 5.4 | 7.1 | 2.4 | 6.5 | 8.4 | 3.0 | 7.3 | 9.4 |
| D | 16 | 18 | 1.5 | 5.9 | 7.3 | 2.2 | 6.9 | 8.4 | 2.9 | 7.6 | 9.5 |
| E | 19 | 50 | 1.8 | 5.7 | 7.8 | 2.1 | 6.6 | 8.5 | 2.3 | 7.1 | 9.9 |
| F | 51 | 61 | 2.1 | 5.9 | 7.2 | 2.4 | 6.6 | 8.6 | 2.5 | 7.1 | 10.3 |

Gambar 3.6 Ketinggian dan periode gelombang Jakarta

PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014)

| tidal characteristics | abbreviation | April 2013 |
|---------------------------|--------------|------------|
| | | [LWS + m] |
| Highest High Water Spring | HWS | 1.19 |
| Mean High Water Spring | MHWS | 1.00 |
| Mean High Water Neap | MHWN | 0.82 |
| Mean Sea Level | MSL | 0.55 |
| Mean Low Water Neap | MLWN | 0.31 |
| Mean Low Water Spring | MLWS | 0.11 |
| Lowest Low Water Spring | LWS | 0.00 |

Gambar 3.7 Elevasi pasang surut Jakarta

(PT Witteveen+Bos Indonesia, 2014)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA dan PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian.

Lokasi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini berada di kawasan Pluit, Provinsi DKI Jakarta. Kawasan Pluit merupakan salah satu bagian dari pengerjaan *seawall* NCICD fase A yang selesai paling awal. Selain itu, tingkat laju *land subsidence* di kawasan Pluit merupakan salah satu yang paling besar. Laju *land subsidence* yang terjadi mencapai 28 cm/ tahun (Abidin dkk, 2011). *Land subsidence* yang terjadi akan menyebabkan mengurangnya *freeboard* pada *seawall* sehingga *overtopping* yang terjadi akan semakin besar. Gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3 adalah *seawall* di Kawasan Pluit.



Gambar 4.1 Rumah kawasan pluit

(Nugroho,2019)



Gambar 4.2 *Seawall* NCICD fase A

(Nugroho,2019)



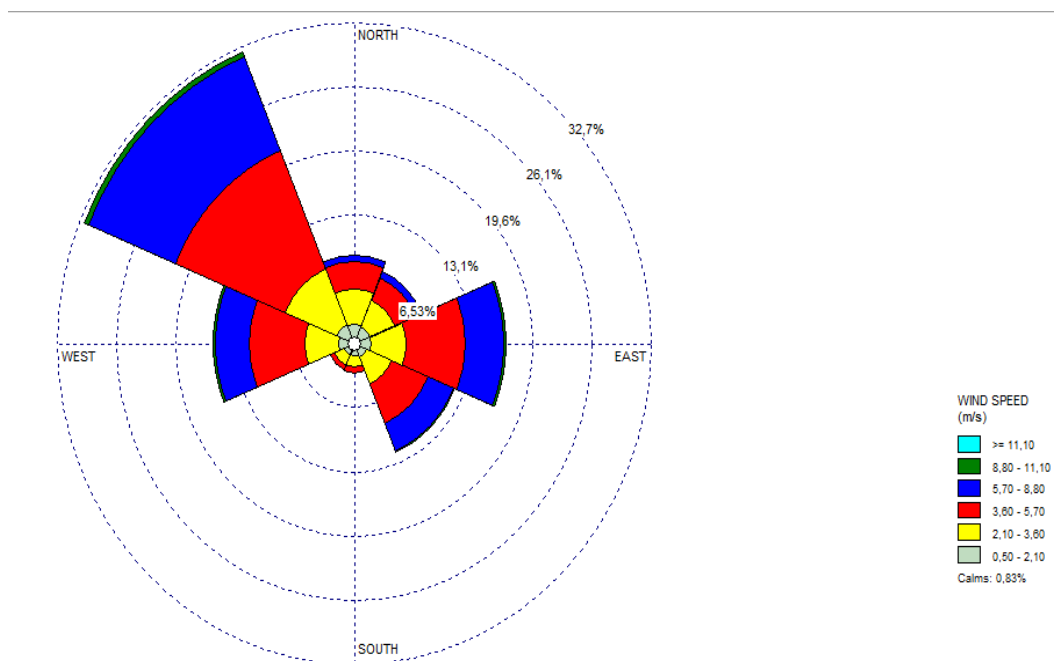
Gambar 4.3 *Seawall* NCICD fase A pluit

(Nugroho,2019)

4.2 Pengolahan dan Analisis Data Angin

Data angin yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini diperoleh dari hasil kunjungan ke Kementerian PUPR Republik Indonesia. Data angin diperlukan untuk memperkirakan besar dan arah gelombang yang terjadi di area penelitian. Kementerian PUPR menyediakan data kecepatan dan arah angin dengan interval setiap 6 jam untuk periode 1984 – 2011. Untuk pengolahan data angin yang telah diberikan, digunakan software WRplot 8.02 dan Microsoft Excel 2016. Proses pengolahan dilampirkan.

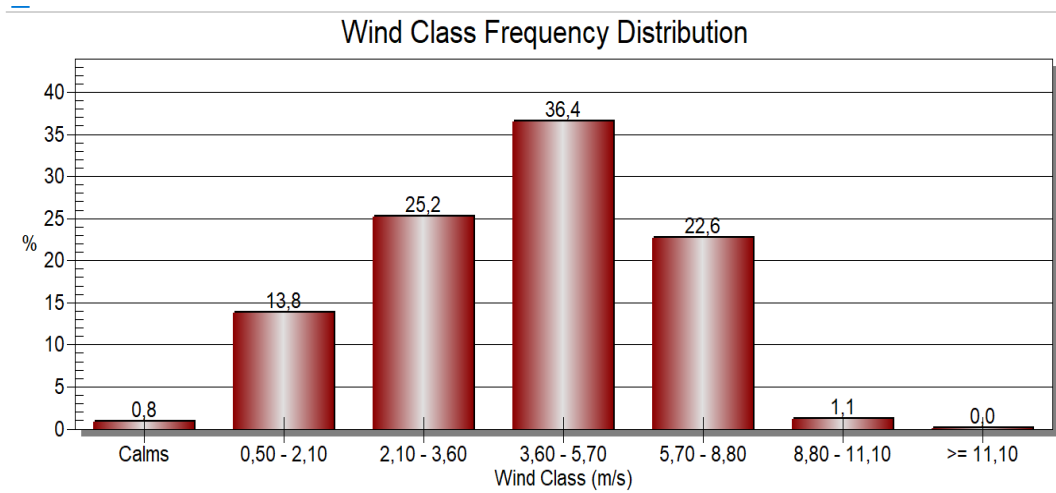
Hasil pengolahan data angin dari Kementerian PUPR dalam bentuk windrose (blowing from) menunjukkan arah dominan angin berasal dari barat laut. Windrose digunakan untuk mempermudah membaca arah dan besarnya angin. Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan WRplot, kecepatan angin rata-rata selama 245455 jam (28 tahun) dari Januari 1984 sampai Desember 2011 adalah sebesar 4.2 m/s, kecepatan maksimum sebesar 12.58 m/s, dan jumlah angin tenang (dibawah 0.5 m/s) sebesar 0.8%. Gambar 4.4 adalah hasil WRplot dan pengolahan data angin DKI Jakarta dari bulan Januari 1984 sampai Desember 2011. Gambar 4.5 adalah distribusi angin dan gambar 4.6 grafik distribusi angin di DKI Jakarta.



Gambar 4.4 Windrose Jakarta (blowing from)

| | Directions / Wind Classes (m/s) | 0,50 - 2,10 | 2,10 - 3,60 | 3,60 - 5,70 | 5,70 - 8,80 | 8,80 - 11,10 | >= 11,10 | Total |
|---|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------|--------|
| 1 | 337,5 - 22,5 | 5016 | 8562 | 7146 | 1422 | 0 | 0 | 22146 |
| 2 | 22,5 - 67,5 | 4782 | 7008 | 6144 | 1776 | 36 | 6 | 19752 |
| 3 | 67,5 - 112,5 | 4554 | 9330 | 16062 | 10224 | 726 | 24 | 40920 |
| 4 | 112,5 - 157,5 | 3702 | 7309 | 10632 | 7290 | 438 | 6 | 29377 |
| 5 | 157,5 - 202,5 | 2964 | 2850 | 1578 | 192 | 0 | 0 | 7584 |
| 6 | 202,5 - 247,5 | 3000 | 2982 | 1110 | 42 | 0 | 0 | 7134 |
| 7 | 247,5 - 292,5 | 4476 | 8910 | 14868 | 9264 | 462 | 6 | 37986 |
| 8 | 292,5 - 337,5 | 5352 | 14874 | 31878 | 25302 | 1104 | 18 | 78528 |
| | Sub-Total | 33846 | 61825 | 89418 | 55512 | 2766 | 60 | 243427 |
| | Calms | | | | | | | 2028 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | 245455 |

Gambar 4.5 Distribusi angin Jakarta januari 1984 – desember 2011



Gambar 4.6 Grafik distribusi angin

4.3 Prediksi gelombang

Untuk memprediksi besarnya gelombang yang terjadi, diperlukan pengolahan data angin dan mencari besarnya fetch. Fetch adalah area dimana pembangkitan gelombang terjadi oleh angin. Fetch ditentukan berdasarkan arah datangnya angin dan berbagai sudut terhadap arah angin. Fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut (Triadmojo, 1999). Tabel 4.1 merupakan hasil perhitungan Fetch di Jakarta.

Tabel 4.1 Fetch Jakarta

| sudut | cos a | xi (km) | xi cos a |
|-----------------|-------|--------------------|----------|
| -42 | 0.74 | 331.00 | 245.98 |
| -36 | 0.81 | 354.00 | 286.39 |
| -30 | 0.87 | 321.00 | 277.99 |
| -24 | 0.91 | 74.00 | 67.60 |
| -18 | 0.95 | 42.00 | 39.94 |
| -12 | 0.98 | 31.00 | 30.32 |
| -6 | 0.99 | 15.00 | 14.92 |
| 0 | 1.00 | 35.00 | 35.00 |
| 6 | 0.99 | 9.00 | 8.95 |
| 12 | 0.98 | 13.00 | 12.72 |
| 18 | 0.95 | 10.00 | 9.51 |
| 24 | 0.91 | 9.00 | 8.22 |
| 30 | 0.87 | 4.00 | 3.46 |
| 36 | 0.81 | 2.00 | 1.62 |
| 42 | 0.74 | 1.00 | 0.74 |
| $\sum \cos a =$ | 13.51 | $\sum xi \cos a =$ | 1043.38 |

Fetch effective = 77,22 km atau 77224.85 m

Setelah mendapat nilai Fetch, selanjutnya menghitung prediksi tinggi dan periode gelombang yang terjadi. Metode yang digunakan berdasarkan buku Shore Protection Manual 1984. Tabel 4.2 merupakan prediksi gelombang Januari 1984 sampai Desember 2011

Tabel 4.2 prediksi gelombang

| Direction | = | southeast | | | or | 345 | degree |
|-----------|----------------|-----------|----------------|---------|----------|--------------|--------------|
| No. | U_L (m/s) | R_L | U_W (m/s) | U_A | F (m) | H_0 (m) | T_0 (s) |
| 1 | 2.0000 | 1.9 | 3.8000 | 3.6677 | 77225 | 0.521 | 4.097 |
| 2 | 4.0000 | 1.65 | 6.6000 | 7.2326 | 77225 | 1.027 | 5.137 |
| 3 | 6.0000 | 1.45 | 8.7000 | 10.1594 | 77225 | 1.443 | 5.753 |
| 4 | 8.0000 | 1.25 | 10.0000 | 12.0575 | 77225 | 1.713 | 6.091 |
| 5 | 10.0000 | 1.15 | 11.5000 | 14.3191 | 77225 | 2.034 | 6.451 |
| 6 | 12.0000 | 1.1 | 13.2000 | 16.9654 | 77225 | 2.410 | 6.826 |
| 7 | 13.0000 | 1.05 | 13.6500 | 17.6796 | 77225 | 2.512 | 6.920 |

Dengan:

$$H_0 = 5.112 \times 10^{-4} \times U_A \times F^{1/2} \quad \text{Wave height (m) (4.1)}$$

$$T_0 = 6.238 \times 10^{-2} \times [U_A \times F]^{1/3} \quad \text{Wave period (s) (4.2)}$$

Dimana:

H_0 = Deep water wave height (m)

T_0 = Deep water wave period (s)

$UA = \text{Wind-stress factor}$

$F = \text{Effective Fetch (m)}$

Setelah menghitung prediksi gelombang, dilanjutkan dengan menggabungkan antara hasil prediksi gelombang dengan distribusi besaran angin sehingga didapatkan nilai root mean square wave height (H_{rms}), root mean square wave period (T_{rms}), significant wave height, dan significant wave period. Tabel 4.3 merupakan yang berisi perhitungan prediksi gelombang.

Tabel 4.3 perhitungan prediksi gelombang

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 32712 | 8880.35 | 548989 |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 83725 | 88387.1 | 2209610 |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 80832 | 168366.69 | 2675614 |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 39996 | 117347.01 | 1484058.2 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 7692 | 31828.15 | 320071 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 480 | 2788.1 | 22364 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 18 | 113.54 | 862 |

| | | | |
|-----------|---|--------------|--------|
| H_{rms} | = | 1.305 | meter |
| T_{rms} | = | 5.439 | second |

| | | | |
|-------|---|--------------|--------|
| H_s | = | 1.847 | meter |
| T_s | = | 7.702 | second |

Dengan:

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^n H_{0i}^2} \quad \text{dan} \quad T_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^n T_{0i}^2} \quad (4.3)$$

$$H_s = 1.416 \times H_{rms} \quad (4.4) \quad T_p = 1.416 \times T_{rms} \quad (4.5)$$

dengan: H_{rms} = Root mean square wave height (m)

T_{rms} = Root mean square wave period (s)

H_{0i} = Deep water wave heights (m)

T_{0i} = Deep water wave period (s)


N = Numbers of data

H_s = tinggi signifikan (m)

T_p = periode signifikan (s)

Dengan cara yang sama , dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tinggi gelombang setiap tahun berdasarkan jumlah data yang ada. Tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan gelombang signifikan dan periode tiap tahun

Tabel 4.4 Gelombang signifikan dan Periode Tiap Tahun

| Direction | | = | southeast | | | |
|-----------|------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--|
| | | or | 135 | degree | | |
| No. | Year | H _{rms} (m) | H _s (m) | T _{rms} (s) | T _s (s) | Sorted H _s  |
| 1 | 1984 | 1.254 | 1.776 | 5.376 | 7.612 | 2.042 |
| 2 | 1985 | 1.272 | 1.802 | 5.391 | 7.634 | 2.030 |
| 3 | 1986 | 1.348 | 1.909 | 5.492 | 7.776 | 2.002 |
| 4 | 1987 | 1.442 | 2.042 | 5.651 | 8.002 | 1.954 |
| 5 | 1988 | 1.349 | 1.911 | 5.518 | 7.813 | 1.954 |
| 6 | 1989 | 1.263 | 1.788 | 5.372 | 7.607 | 1.923 |
| 7 | 1990 | 1.347 | 1.908 | 5.512 | 7.806 | 1.911 |
| 8 | 1991 | 1.434 | 2.030 | 5.606 | 7.938 | 1.909 |
| 9 | 1992 | 1.221 | 1.730 | 5.319 | 7.532 | 1.908 |
| 10 | 1993 | 1.346 | 1.906 | 5.502 | 7.790 | 1.906 |
| 11 | 1994 | 1.345 | 1.904 | 5.498 | 7.785 | 1.904 |
| 12 | 1995 | 1.300 | 1.840 | 5.448 | 7.715 | 1.858 |
| 13 | 1996 | 1.298 | 1.838 | 5.433 | 7.694 | 1.853 |
| 14 | 1997 | 1.380 | 1.954 | 5.558 | 7.870 | 1.840 |
| 15 | 1998 | 1.159 | 1.642 | 5.215 | 7.384 | 1.838 |
| 16 | 1999 | 1.287 | 1.822 | 5.410 | 7.661 | 1.831 |
| 17 | 2000 | 1.255 | 1.777 | 5.367 | 7.600 | 1.822 |
| 18 | 2001 | 1.273 | 1.803 | 5.383 | 7.622 | 1.803 |
| 19 | 2002 | 1.256 | 1.778 | 5.365 | 7.597 | 1.802 |
| 20 | 2003 | 1.414 | 2.002 | 5.560 | 7.872 | 1.788 |
| 21 | 2004 | 1.257 | 1.780 | 5.368 | 7.601 | 1.780 |
| 22 | 2005 | 1.238 | 1.753 | 5.344 | 7.567 | 1.778 |
| 23 | 2006 | 1.312 | 1.858 | 5.454 | 7.723 | 1.777 |
| 24 | 2007 | 1.293 | 1.831 | 5.421 | 7.677 | 1.776 |
| 25 | 2008 | 1.358 | 1.923 | 5.523 | 7.821 | 1.753 |
| 26 | 2009 | 1.309 | 1.853 | 5.453 | 7.722 | 1.739 |
| 27 | 2010 | 1.228 | 1.739 | 5.332 | 7.550 | 1.730 |
| 28 | 2011 | 1.380 | 1.954 | 4.796 | 6.791 | 1.642 |

Untuk menentukan periode ulang gelombang dengan siklus tertentu , diperlukan perhitungan tinggi gelombang berdasarkan jumlah waktu yang Panjang (beberapa tahun). Namun seringkali jumlah data yang tersedia tidak sebanyak jumlah data tahun yang diinginkan. Sehingga digunakan metode prediksi untuk memperkirakan periode ulang beberapa tahun kedepan (triadmojo, 1999). Dengan metode Weibull, dilakukan perkiraan tinggi gelombang dengan siklus 1000 tahunan. Tabel 4.5 merupakan perhitungan distribusi menggunakan Weibull.

Tabel 4.5. Periode ulang Weibull

| N | 28 | alpha | 0.7 |
|---------|-------|-------|-------|
| Weibull | | | |
| i | H | Q | W |
| 1 | 2.042 | 0.015 | 7.854 |
| 2 | 2.030 | 0.050 | 4.814 |
| 3 | 2.002 | 0.085 | 3.638 |
| 4 | 1.954 | 0.120 | 2.931 |
| 5 | 1.954 | 0.155 | 2.438 |
| 6 | 1.923 | 0.190 | 2.066 |
| 7 | 1.911 | 0.225 | 1.772 |
| 8 | 1.909 | 0.260 | 1.531 |
| 9 | 1.908 | 0.295 | 1.330 |
| 10 | 1.906 | 0.330 | 1.159 |
| 11 | 1.904 | 0.365 | 1.011 |
| 12 | 1.858 | 0.400 | 0.882 |
| 13 | 1.853 | 0.435 | 0.769 |
| 14 | 1.840 | 0.470 | 0.669 |
| 15 | 1.838 | 0.505 | 0.580 |
| 16 | 1.831 | 0.540 | 0.500 |
| 17 | 1.822 | 0.575 | 0.429 |
| 18 | 1.803 | 0.610 | 0.365 |
| 19 | 1.802 | 0.645 | 0.307 |
| 20 | 1.788 | 0.681 | 0.256 |
| 21 | 1.780 | 0.716 | 0.209 |
| 22 | 1.778 | 0.751 | 0.168 |
| 23 | 1.777 | 0.786 | 0.131 |
| 24 | 1.776 | 0.821 | 0.099 |
| 25 | 1.753 | 0.856 | 0.070 |
| 26 | 1.739 | 0.891 | 0.046 |
| 27 | 1.730 | 0.926 | 0.026 |
| 28 | 1.642 | 0.961 | 0.010 |

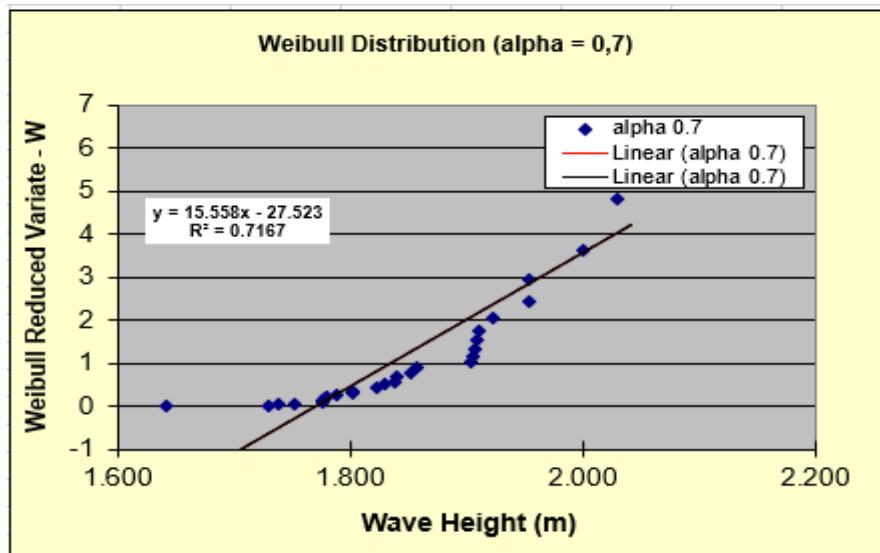
| | c1 | c2 |
|---------|----------|----------|
| Weibull | 0.585714 | 0.528571 |

$$Q = \frac{i - c1}{N + c2}$$

dengan:

- i = ranking of the data point
- N = total number of points
- c1, c2 = constants for unbiased plotting position

(4.6)



Gambar 4.7 Distribusi Weibull

| Model | Equation | Y | X | A | B |
|---------|--|---|---|-------------------|-------------------------|
| Weibull | $Q = \exp\left(-\left\{\frac{H-\gamma}{\beta}\right\}^\alpha\right)$ | $\left(\ln \frac{I}{Q}\right)^{1/\alpha}$ | H | $\frac{I}{\beta}$ | $-\frac{\gamma}{\beta}$ |

Gambar 4.8 Perhitungan Weibull distribution

| Weibull | | | | Return Period | | | |
|---------|-----|------|-------|---------------|------|------|------|
| Lam | Al | Beta | Gamma | 1 | 10 | 100 | 1000 |
| 1.00 | 0.7 | 0.06 | 1.77 | 1.77 | 2.06 | 2.80 | 3.93 |

Gambar 4.9 Hasil perhitungan estimasi periode ulang

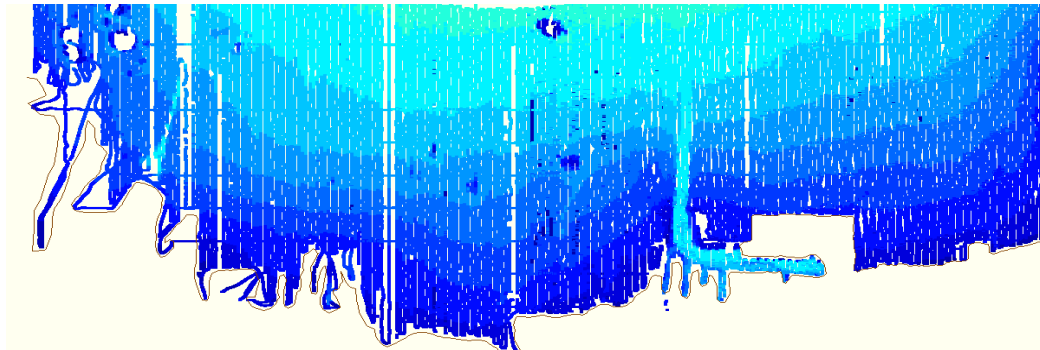
Dengan menggunakan rumus yang terdapat pada gambar 4.7 didapatkan nilai estimasi tinggi gelombang signifikan sebesar 3.93 m dengan periode ulang 1000 tahunan yang terdapat pada gambar 4.9. Nilai estimasi tersebut digunakan sebagai nilai input pada aplikasi delft3D wave. artinya bahwa gelombang tersebut diharapkan akan disamai atau dilampaui rata – rata sekali dalam 1000 tahun

4.4 Tahapan Pemodelan

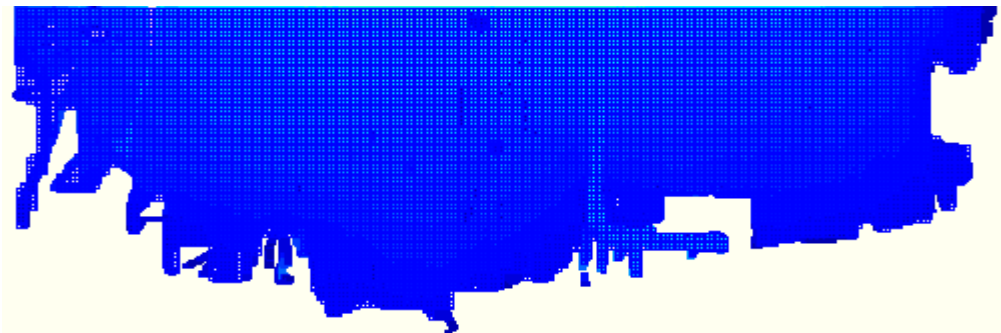
4.4.1 RFGRID delft3D

Untuk membuat grid, Klik *menu open, attributes files, open samples file .xyz . Sample.xyz* yang terdapat pada gambar 4.10 merupakan batimetri yang didapat dari Kementerian PUPR. Kemudian buat garis pembatas antara darat dan laut (land boundary) dengan cara klik menu *edit, land boundaries, new*. Jika land boundary sudah selesai, dilanjutkan dengan membuat *Splines*. *Spline* yang sudah dibuat akan dirubah menjadi frame berbentuk kotak seperti frame dengan cara klik *change splines into grid* dan di menu

operations. Jika sudah buka menu *operations* kembali dan klik *refine* kotak tersebut dengan mengklik menu *operations* dan pilih *regular grid coarseness*. Hapus bagian kotak-kotak tersebut (di bagian darat) hingga menjadi lebih detail. Kemudian *export* hasil pengerjaan dengan ekstensi *.grd* dan simpan hasil pengerjaan di folder baru. Gambar 4.11 merupakan grid yang sudah selesai dikerjakan.



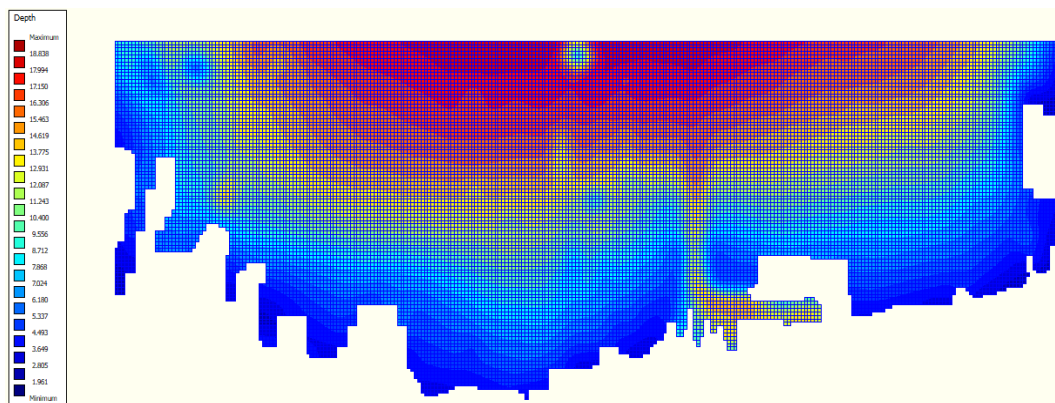
Gambar 4.10 Batimetri dan land boundary Jakarta



Gambar 4.11 Hasil Refine Grid

4.4.2 QUICKIN delft3D

Buka menu Quickin pada aplikasi delft3D, kemudian import hasil pengerjaan grid dengan cara membuka menu file kemudian klik import grid. Jika sudah dilanjutkan dengan membuka file batimetri *.xyz* dengan cara klik menu *atribut file*, lalu pilih *samples*. File *.xyz* dan *.grd* yang sudah terbuka kemudian disatukan menggunakan klik menu *Operations* pilih *Triangular Interpolation*, dilanjutkan dengan klik *Internal Diffusion*, dan diakhiri dengan *Smoothing*. Simpan hasil pengerjaan dengan file berbentuk *.dep*. Gambar 4.12 merupakan hasil dari quickin pada delft3D.



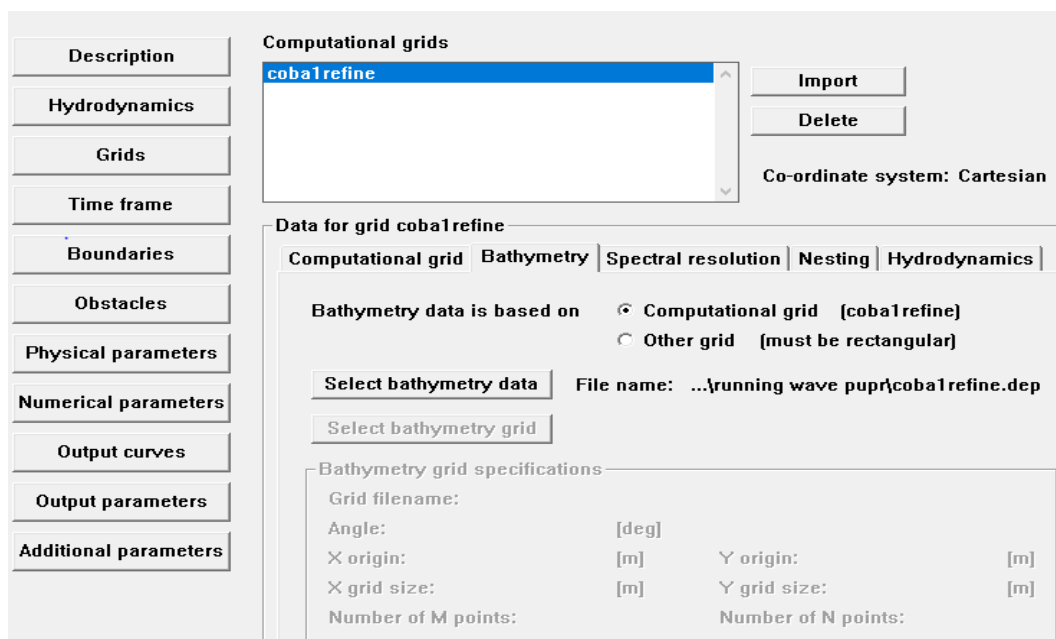
Gambar 4.12 Hasil Quickin delft3D

4.5 Delft3D Wave

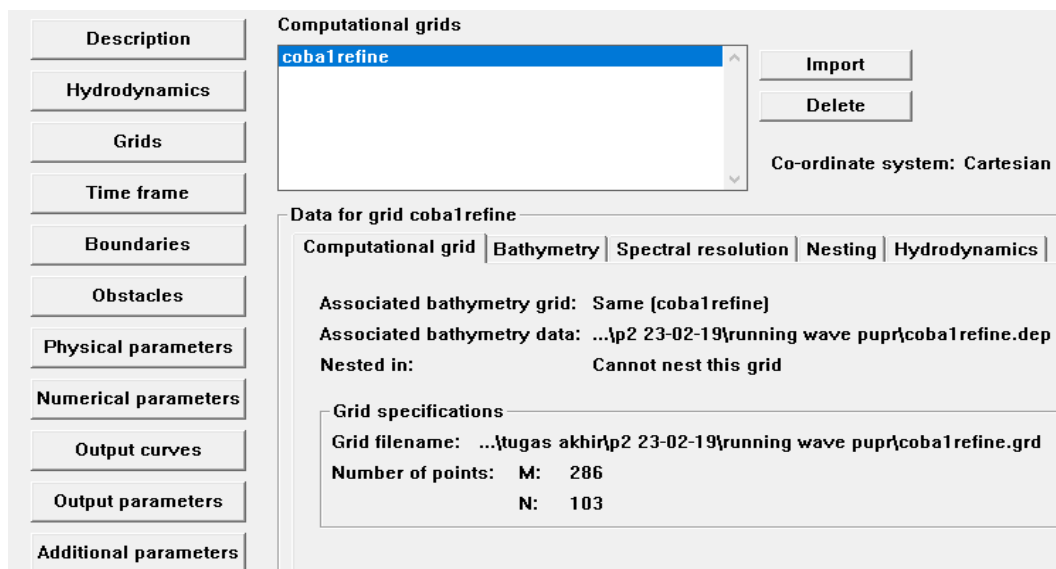
Untuk memsimulasikan besaran gelombang yang terjadi di tiap daerah yang ditinjau, digunakan aplikasi delft3d wave. Berikut tahapan dalam menginput parameter yang digunakan dalam aplikasi

4.5.1 Grid

Pada menu grid terdapat beberapa grup data yaitu *computational grid*, *Bathymetry*, *Spectral resolution*, *Nesting*, *Hydrodynamic*. Pada sub menu *computational Grid*, klik menu *import file* lalu pilih file .grd yang akan digunakan. Pada sub menu *bathymetry*, klik *select bathymetry* data lalu pilih file.dep yang akan digunakan. Gambar 4.13 dan gambar 4.14 merupakan sub menu yang terdapat pada delft3D.



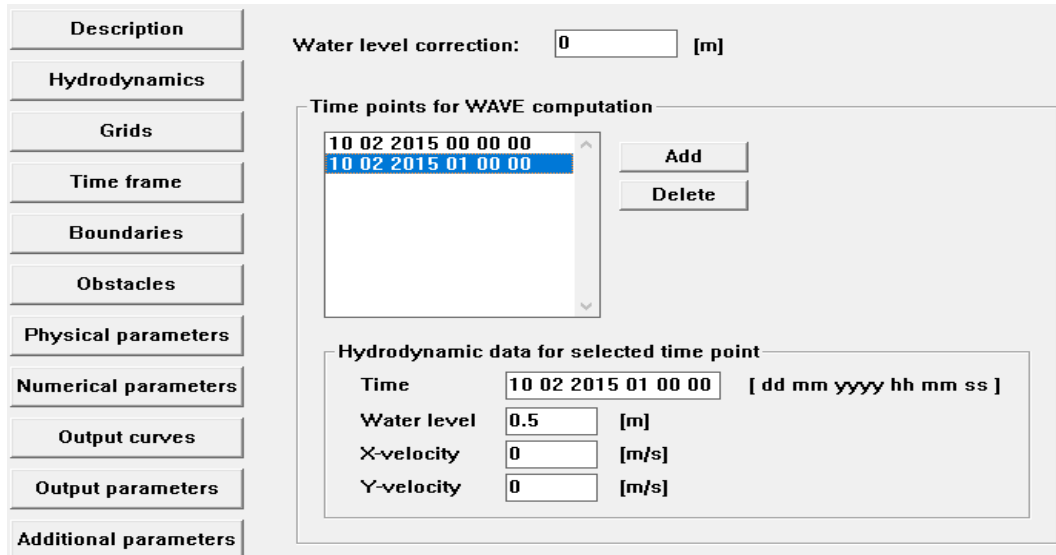
Gambar 4.13 Sub menu Computational Grid



Gambar 4.14 Sub menu Bathymetry

4.5.2 Time Frame

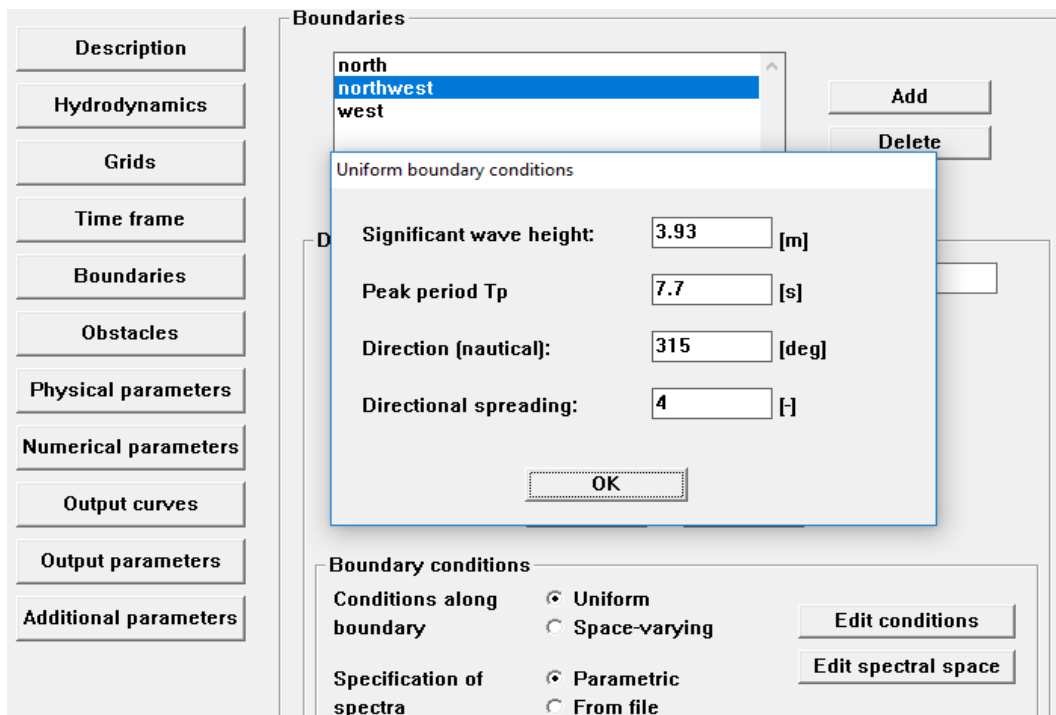
Menu *Time frame* pada gambar 4.15 bertujuan untuk menentukan waktu yang digunakan untuk simulasi pemodelan. Selain itu bisa juga untuk menentukan variasi *water level* yang digunakan pada pemodelan. gambar *Water level* yang dimasukkan pada pemodelan ini adalah HWS.



Gambar 4.15 Time Frame

4.5.3 Boundaries

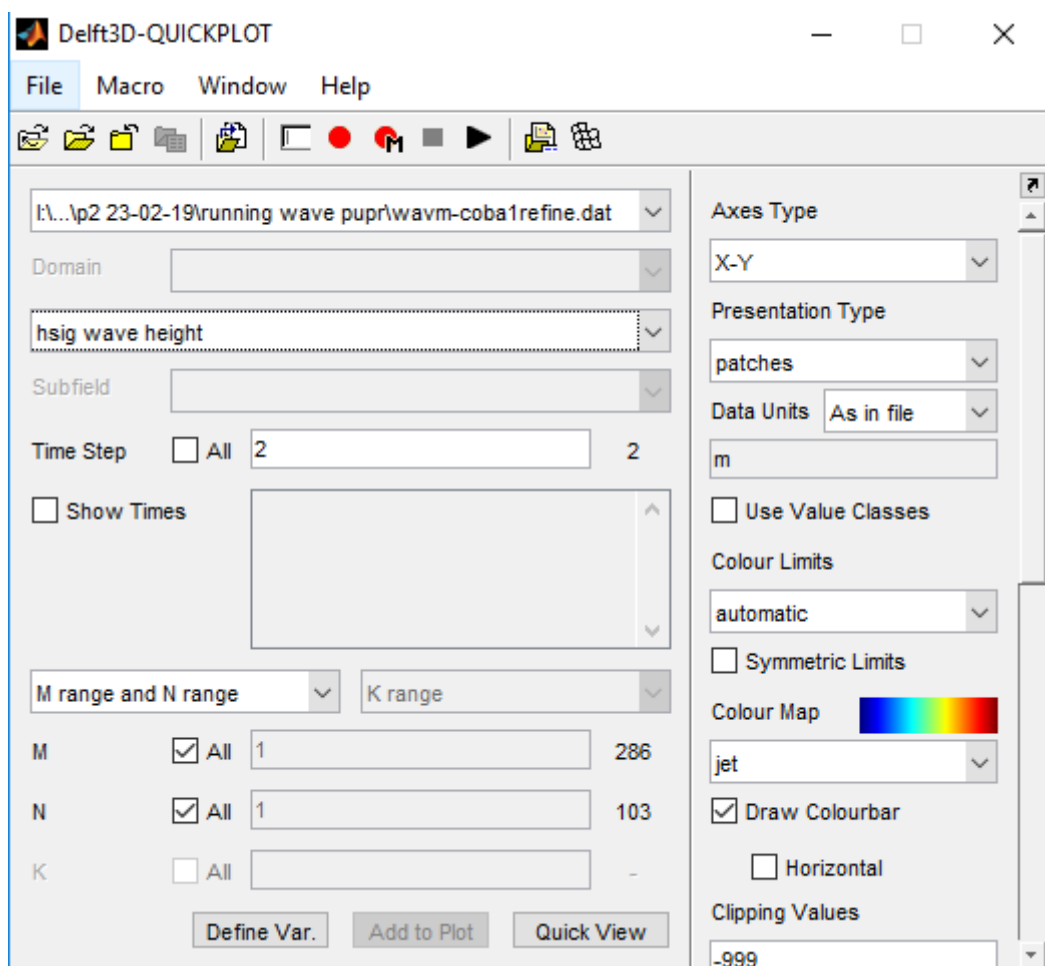
Menu *Boundaries* pada gambar 4.16 bertujuan untuk memasukan nilai ketinggian gelombang , arah angin, dan periode gelombang yang akan digunakan dalam simulasi pemodelan. Arah angin yang digunakan adalah arah angin dominan dimana angin berasal (*blowing from*). Ketinggian gelombang dan periode yang digunakan adalah periode ulang 1000 tahun.



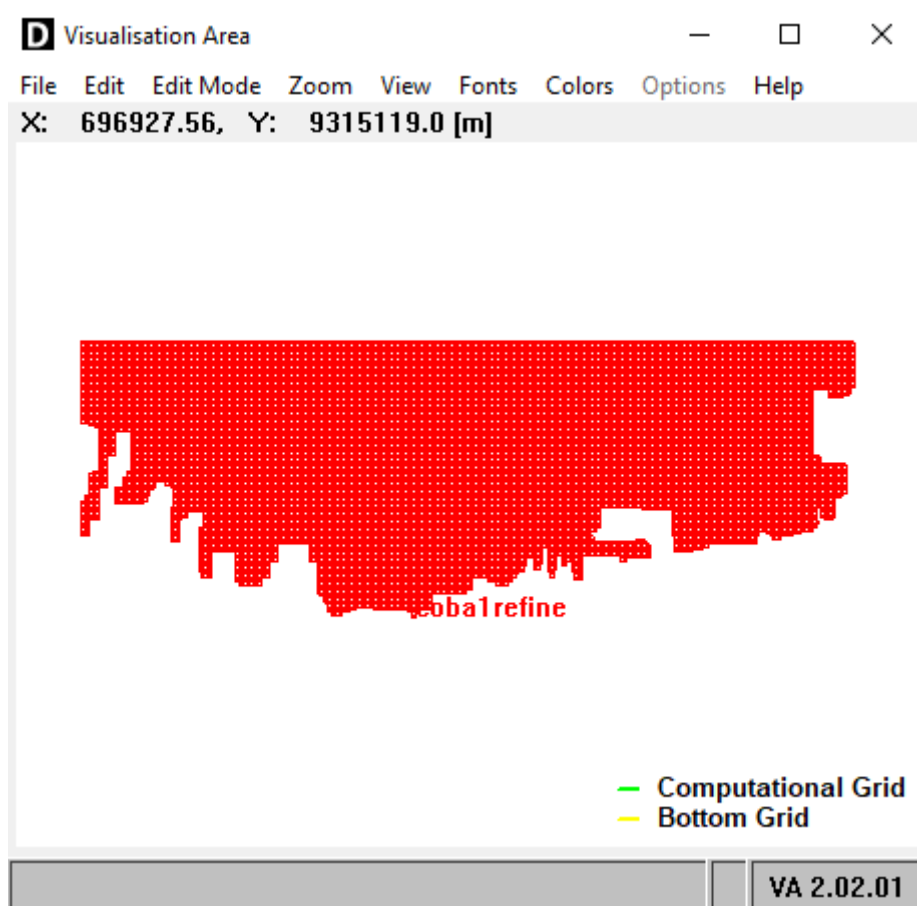
Gambar 4.16 Boundaries

4.6 Hasil simulasi

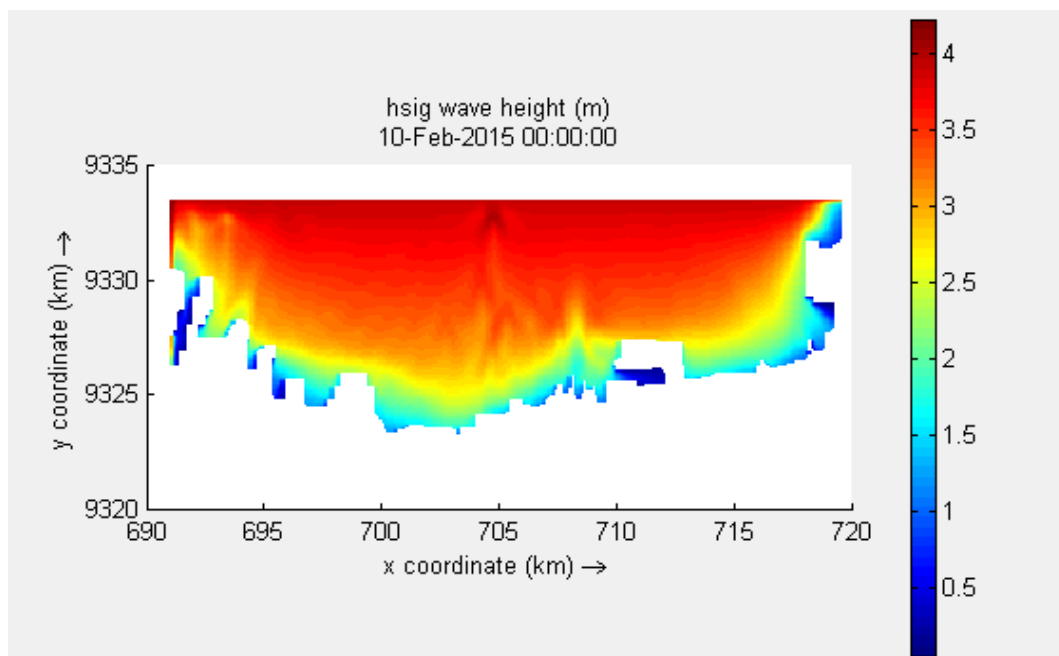
Setelah memodelkan dan melakukan input data di *Delft3d-flow* maka hasil pemodelan dapat dilihat pada *Quickplot* (gambar 4.17) yang terdapat pada menu awal (*HomePage*) *Delft3D*. Cara melihat hasil pemodelan adalah dengan klik menu file lalu pilih open file hasil *running* berformat *wavm.dat*. Setelah file terbuka, export hasil running kedalam file *.tekal* dan dibuka menggunakan aplikasi Microsoft excel. Hasilnya adalah berupa nilai ketinggian gelombang di tiap-tiap koordinat seperti yang terdapat pada gambar 4.18. Untuk melihat koordinat yang ada digunakan sub menu *visualisation area* pada aplikasi *delft3d wave*. Gambar 4.19 dan gambar 4.20 merupakan hasil visualisasi dari pemodelan *delft3D*



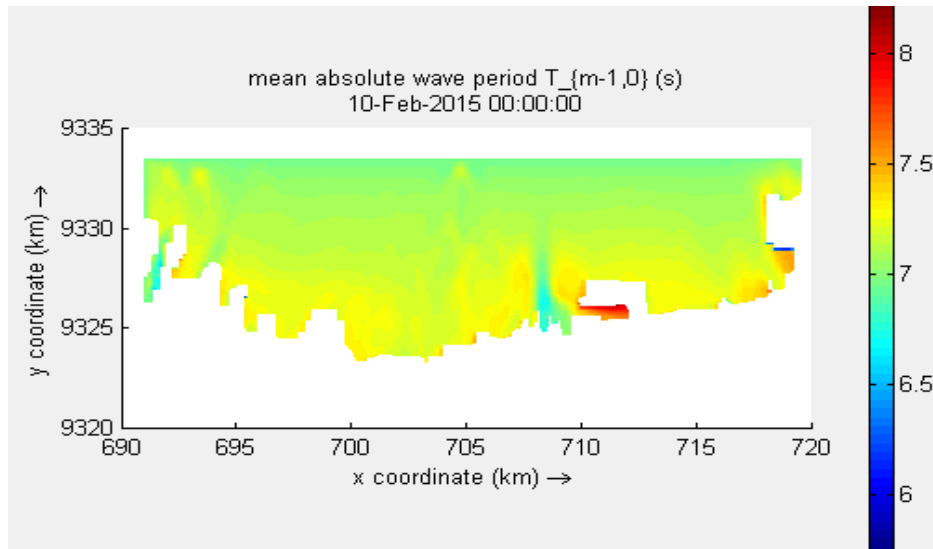
Gambar 4.17 Quickplot



Gambar 4.18 Visualitation area



Gambar 4.19 Hasil running gelombang signifikan Delft3d wave



Gambar 4.20 Hasil running periode gelombang delft3d wave

Tabel 4.6 Hasil running

| segmen | point | Hm0 | Tm-1,0 |
|--------|-------|-------|--------|
| A | 1~7 | 1.539 | 7.413 |
| B | 8~11 | 2.642 | 7.237 |
| C | 12~15 | 2.880 | 7.261 |
| D | 16~18 | 2.671 | 7.253 |
| E | 19~50 | 2.159 | 7.171 |
| F | 51~61 | 2.307 | 7.213 |

Tabel 4.6 merupakan hasil pemodelan delft3D pada teluk Jakarta. Hasil yang ditampilkan disesuaikan dengan jumlah segmen yang ada.

4.7 Validasi hasil pemodelan

Untuk mengetahui apakah valid tidaknya hasil pemodelan, diperlukan perhitungan besaran eror yang terjadi. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah data ketinggian gelombang PT Witteveen Bos Indonesia selaku konsultan perencana NCICD fase A. Perhitungan dilakukan dengan metode *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode MAPE adalah entase error dari model yang telah dibuat. Pengkategorian tingkat akulasi pemodelan terdapat pada tabel 4.7 .

$$M = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (4.7)$$

Dengan:

At = data Witteveen Boss

Ft = data hasil pemodelan *Delft3d*

n = jumlah data

Tabel 4.7 Tingkat Akurasi Pemodelan (Zhang dkk, 2007)

| accuracy | error value |
|------------|--------------------|
| good | ≤10% |
| acceptable | 10% < error ≤ 20% |
| marginal | 20% < error ≤ 50 % |
| poor | > 50% |

Tabel 4.8 Perhitungan tingkat akurasi

| RP 1000 year (Hm0) | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| segmen | point | witteven Bos | budhi | 1 | 2 | 3 |
| A | 1 ~ 7 | 1.7 | 1.539 | 0.161 | 0.095 | 0.016 |
| B | 8 ~ 11 | 2.7 | 2.642 | 0.058 | 0.021 | 0.004 |
| C | 12 ~ 15 | 3 | 2.880 | 0.120 | 0.040 | 0.007 |
| D | 16 ~ 18 | 2.9 | 2.671 | 0.229 | 0.079 | 0.013 |
| E | 19 ~ 50 | 2.3 | 2.159 | 0.141 | 0.061 | 0.010 |
| F | 51 ~ 61 | 2.5 | 2.307 | 0.193 | 0.077 | 0.013 |
| 1 | Data - Delft | | | | | |
| 2 | (Data - Delft) / Data | | | | | |
| 3 | (Data - Delft / Data) / Jumlah Data | | | | | |
| jumlah data | 6 | | | | | |
| tingkat eror | | | | | | |
| 0.0707 | 7.07% | | | | | |

Hasil perhitungan eror terdapat pada tabel 4.8. dengan lokasi point yang sama, didapatkan validasi ketinggian gelombang antara data simulasi dengan data sekunder yang dimiliki.

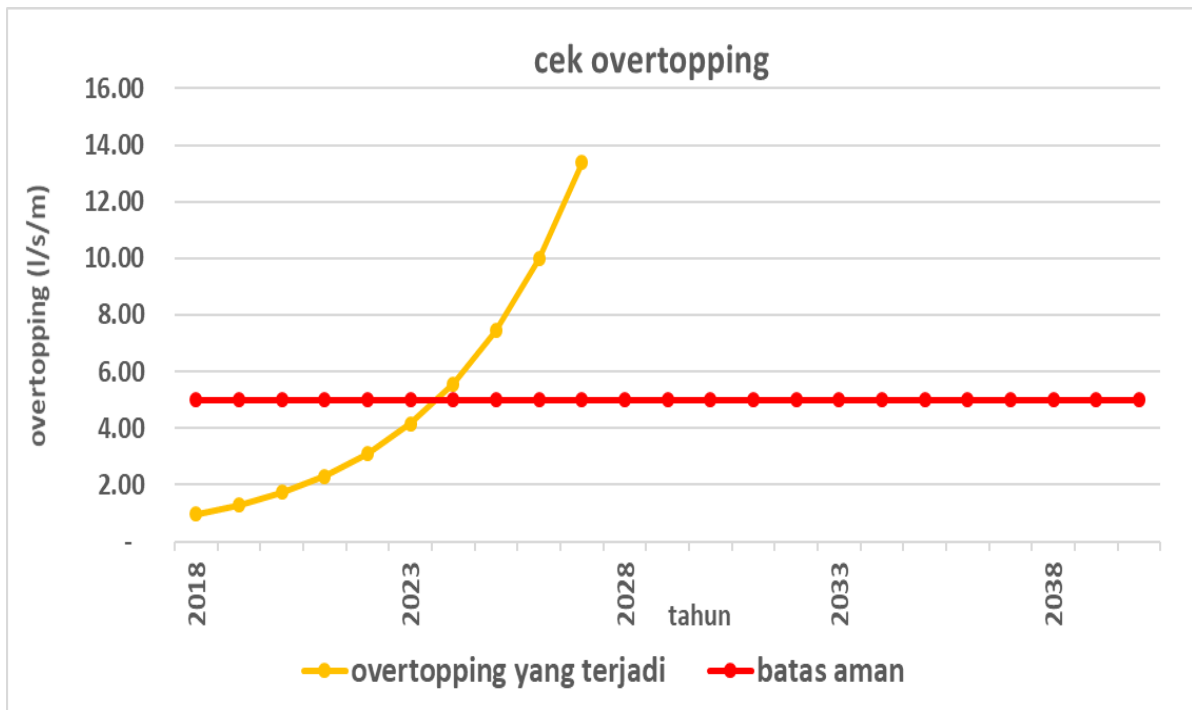
4.8 Overtopping di seawall NCICD fase A kawasan pluit

4.8.1 Perhitungan Overtopping

Untuk menghitung besarnya *overtopping* yang terjadi pada *seawall* NCICD fase A di kawasan Pluit, digunakan rumus yang dikembangkan oleh Van der meer dkk. Tipe bangunan yang digunakan dalam perhitungan *overtopping* adalah *vertical seawall* dikarenakan sesuai dengan tipe bangunan yang berada pada lokasi penelitian. batas aman nilai *overtopping* yang terjadi adalah sebesar 5 l/s/m dengan periode ulang gelombang 1000 tahun sesuai dengan peraturan gubernur DKI Jakarta no 146 tahun 2014. Batas aman *overtopping* sebesar 5 l/s/m adalah volume *overtopping* yang terjadi tidak boleh lebih dari 5 liter per detik tiap 1 m panjang *seawall*. Table 4.9 merupakan perhitungan perkiraan *overtopping* yang terjadi. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.21.

Tabel 4.9 Perhitungan *Overtopping*

| tahun | land subsidence | SLR | h | Rc | Hs | Hm0 | g | Tm-1,0 | Rc/Hm0 | Sm-1,0 | Ln-1,0 | impulsive/non | q | | keamanan |
|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------|--------|------------|
| | | | | | | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 2018 | | | 4.44 | 2.86 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.32 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00096 | 0.96 | aman |
| 2019 | 0.28 | 0.008 | 4.448 | 2.57 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.19 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00129 | 1.29 | aman |
| 2020 | 0.28 | 0.008 | 4.456 | 2.28 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.06 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00172 | 1.72 | aman |
| 2021 | 0.28 | 0.008 | 4.464 | 1.99 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.92 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00231 | 2.31 | aman |
| 2022 | 0.28 | 0.008 | 4.472 | 1.70 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.79 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00310 | 3.10 | aman |
| 2023 | 0.28 | 0.008 | 4.48 | 1.42 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.66 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00415 | 4.15 | aman |
| 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.488 | 1.13 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.52 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00556 | 5.56 | tidak aman |
| 2025 | 0.28 | 0.008 | 4.496 | 0.84 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.39 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00745 | 7.45 | tidak aman |
| 2026 | 0.28 | 0.008 | 4.504 | 0.55 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.26 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.00998 | 9.98 | tidak aman |
| 2027 | 0.28 | 0.008 | 4.512 | 0.26 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.12 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0134 | 13.37 | tidak aman |
| 2028 | 0.28 | 0.008 | 4.52 | -0.03 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.01 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0179 | 17.91 | tenggelam |
| 2029 | 0.28 | 0.008 | 4.528 | -0.31 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.14 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0240 | 24.00 | tenggelam |
| 2030 | 0.28 | 0.008 | 4.536 | -0.60 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.28 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0322 | 32.15 | tenggelam |
| 2031 | 0.28 | 0.008 | 4.544 | -0.89 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.41 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0431 | 43.08 | tenggelam |
| 2032 | 0.28 | 0.008 | 4.552 | -1.18 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.55 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0577 | 57.72 | tenggelam |
| 2033 | 0.28 | 0.008 | 4.56 | -1.47 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.68 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.0773 | 77.33 | tenggelam |
| 2034 | 0.28 | 0.008 | 4.568 | -1.75 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.81 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.1036 | 103.62 | tenggelam |
| 2035 | 0.28 | 0.008 | 4.576 | -2.04 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -0.95 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.1388 | 138.83 | tenggelam |
| 2036 | 0.28 | 0.008 | 4.584 | -2.33 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -1.08 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.1860 | 186.01 | tenggelam |
| 2037 | 0.28 | 0.008 | 4.592 | -2.62 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -1.21 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.2492 | 249.23 | tenggelam |
| 2038 | 0.28 | 0.008 | 4.6 | -2.91 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -1.35 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.3339 | 333.93 | tenggelam |
| 2039 | 0.28 | 0.008 | 4.608 | -3.19 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -1.48 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.4474 | 447.41 | tenggelam |
| 2040 | 0.28 | 0.008 | 4.616 | -3.48 | 1.963 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | -1.61 | 0.03 | 80.33 | impulsive | 0.5995 | 599.47 | tenggelam |



Gambar 4.21 Grafik kondisi *overtopping*

4.8.2 Analisis *overtopping*

Jika *overtopping* yang terjadi ≤ 5 l/s/m , maka kondisi *seawall* adalah aman. Jika *overtopping* yang terjadi > 5 l/s/m , maka kondisi *seawall* adalah tidak aman. Namun jika *freeboard seawall* (R_c) kurang dari 0 (dengan elevasi HWS sebagai acuan elevasi), maka kondisi *seawall* tenggelam. Hal ini dikarenakan *seawall* sudah berada di bawah garis air. Pada tahun 2018 sampai dengan 2023, *overtopping* yang terjadi kurang dari 5 l/s/m sehingga *seawall* berada dalam kondisi aman. Pada tahun 2024 sampai dengan 2027, *overtopping* yang terjadi sudah lebih dari 5 l/s/m sehingga *seawall* berada dalam kondisi tidak aman.

Pada tahun 2028 sampai 2040 *Freeboard seawall* sudah berada dibawah *water level* saat HWS sehingga *seawall* berada dalam kondisi tenggelam. Cepatnya perubahan status keamanan pada *seawall* diakibatkan *land subsidence* pada kawasan Pluit yang sangat besar, yaitu sebesar 28 cm / tahun. Hal ini menyebabkan *freeboard* pada *seawall* akan berkurang sebesar 28 cm/ tahun. Selain itu, *sea level rise* yang terjadi sebesar 0.8 cm per tahun turut mengurangi *freeboard* pada *seawall* NCICD fase A.

4.9 Penambahan *Freeboard* minimum

4.9.1 penambahan *Freeboard* bentuk *vertical wall*

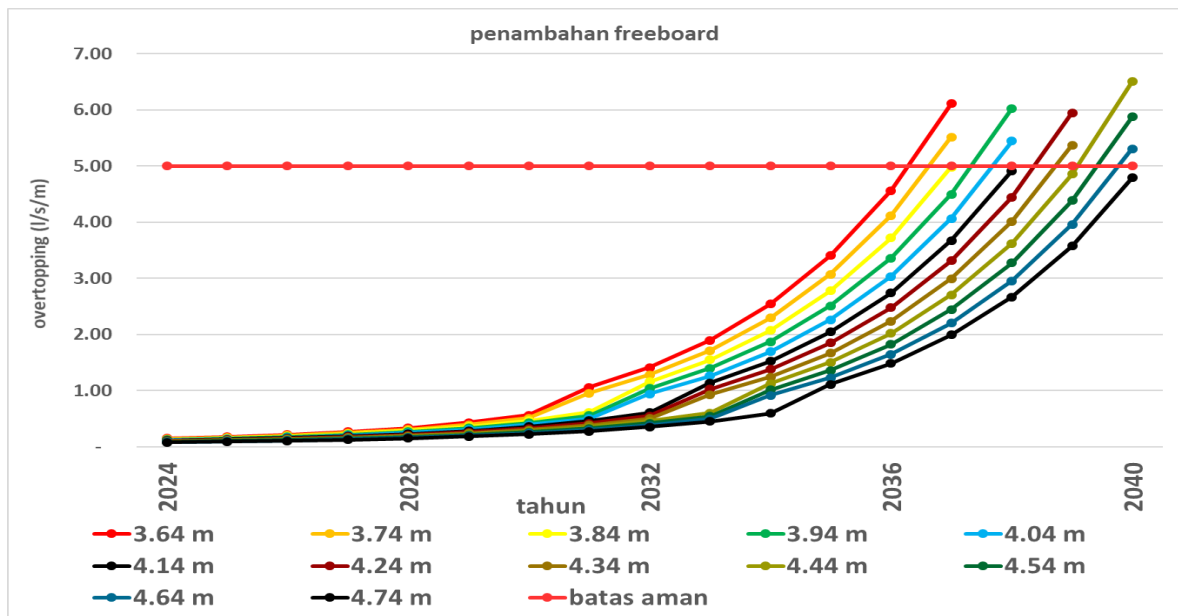
Untuk membuat *seawall* NCICD fase A kawasan pluit mampu menahan besarnya *overtopping* sampai tahun 2040, maka diperlukan penambahan *freeboard* pada *seawall*. Namun, penambahan *freeboard seawall* harus dilakukan seminimum mungkin agar tidak terjadi pembengkakan biaya yang terlalu besar. Penambahan *freeboard* dimulai pada tahun 2024 dikarenakan pada tahun tersebut diperkirakan *overtopping* yang terjadi sudah melewati batas aman yang disyaratkan.

Untuk mengetahui seberapa besar *freeboard* yang diperlukan, maka diperlukan perhitungan *overtopping* dengan variasi penambahan *freeboard*. Berikut Tabel 4.10 yang merupakan salah satu contoh perhitungan penambahan *freeboard seawall* sebesar 3,64 m dari keadaan *freeboard* tahun 2024. 3,64 m adalah estimasi besar *land subsidence* antara tahun 2024 sampai 2040. Hal ini untuk mengakomodir *seawall* agar tetap diatas permukaan laut. Jika hasil perhitungan prediksi *overtopping* pada *freeboard* yang ditambahkan belum memenuhi batas aman, maka dilakukan penambahan *freeboard* kembali dengan interval 10 cm. sehingga *freeboard* yang akan dihitung akan menjadi 3,74 m dari keadaan *freeboard*

tahun 2024. Penambahan freeboard dengan interval 10 cm akan terus dilakukan sampai prediksi overtopping yang terjadi pada seawall berada di bawah batas aman.

Tabel 4.10 penambahan *freeboard* sebesar 3.64 m

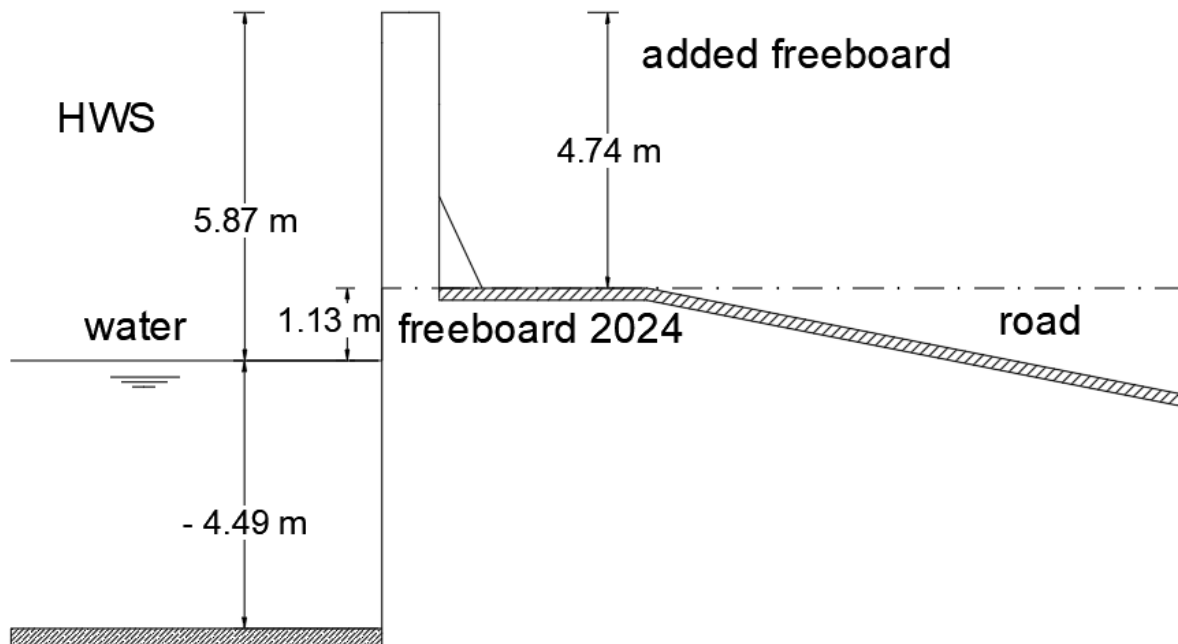
| no | tahun | land subsidence | SLR | tambah freeboard | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/Hmo | Sm-1,0 | q m ³ /s/m | l/s/m | keamanan |
|----|-------|-----------------|-------|------------------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------------------------|-------|------------|
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 3.64 | 4.49 | 4.77 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.21 | 0.03 | 0.00 | 0.15 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.48 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.07 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.19 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.94 | 0.03 | 0.00 | 0.22 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 3.90 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.81 | 0.03 | 0.00 | 0.27 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 3.62 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.67 | 0.03 | 0.00 | 0.34 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.33 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.54 | 0.03 | 0.00 | 0.43 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.04 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.41 | 0.03 | 0.00 | 0.56 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 2.75 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.27 | 0.03 | 0.00 | 1.06 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.46 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.14 | 0.03 | 0.00 | 1.41 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.18 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.01 | 0.03 | 0.00 | 1.90 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 1.89 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.87 | 0.03 | 0.00 | 2.54 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.60 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.74 | 0.03 | 0.00 | 3.40 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.31 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.61 | 0.03 | 0.00 | 4.56 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.02 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.47 | 0.03 | 0.01 | 6.11 | tidak aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 0.73 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.34 | 0.03 | 0.01 | 8.19 | tidak aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.45 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.21 | 0.03 | 0.01 | 10.97 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.16 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.07 | 0.03 | 0.01 | 14.69 | tidak aman |



Gambar 4.22 Grafik penambahan freeboard

Hasil perhitungan penambahan freeboard disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.22. Untuk sketsa seawall yang akan dibangun terdapat pada gambar 4.23. Penambahan

freeboard seawall sudah pernah dilakukan pada salah satu bagian seawall di kawasan muara baru seperti yang terdapat pada gambar 4.24.



Gambar 4.23 sketsa seawall jika ditambahkan freeboard tahun 2024



Gambar 4.24 penambahan tinggi seawall di Kawasan pelabuhan muara baru

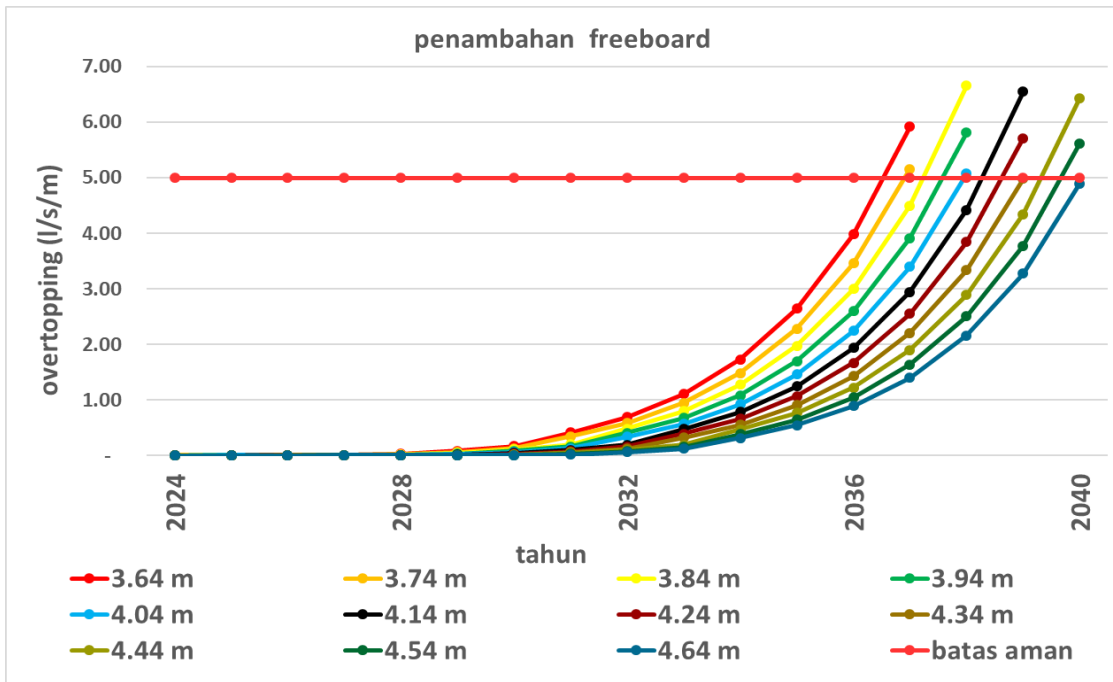
(Nugroho, 2018)

4.9.2 Penambahan Freeboard vertical wall dengan bullnose 60 dan 30 derajat

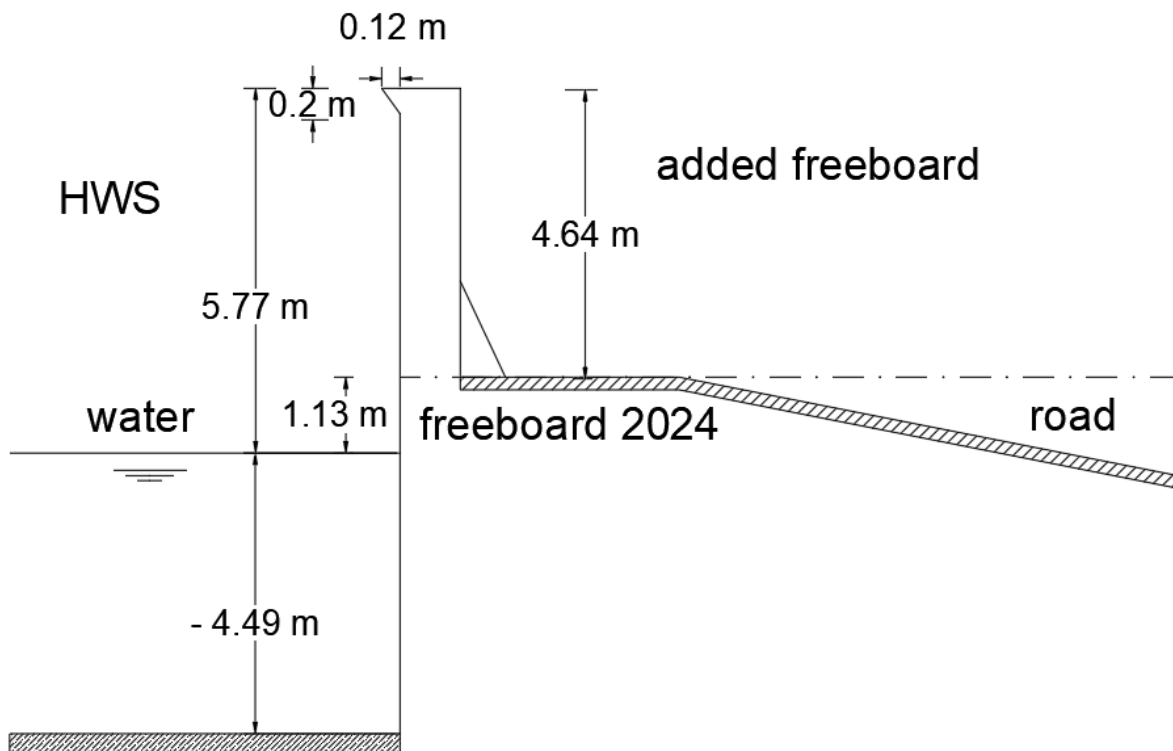
Untuk meminimalkan tingginya freeboard yang harus ditambahkan, maka perlu ditambahkan bullnose. Bullnose yang digunakan memiliki kemiringan 60 dan 30 derajat. Jika tinggi kedua bullnose adalah sama, maka perbedaan kemiringan akan menyebabkan perbedaan panjang bullnose. Perkiraan overtopping yang terjadi pada seawall dengan bullnose menggunakan bantuan K factor. K factor adalah rasio overtopping seawall tanpa bullnose dan seawall dengan bullnose. Besarnya K factor bergantung pada dimensi seawall dan juga dimensi bullnose. Tabel 4.11 merupakan salah satu contoh perhitungan penambahan *freeboard seawall* dengan bullnose sudut 60 derajat. Penambahan freeboard sebesar 3,64 m dari keadaan freeboard tahun 2024. 3,64 m adalah estimasi besar land subsidence antara tahun 2024 sampai 2040. Hal ini untuk mengakomodir seawall agar tetap diatas permukaan laut. Jika hasil perhitungan prediksi overtopping pada freeboard yang ditambahkan belum memenuhi batas aman pada tahun 2040, maka dilakukan penambahan freeboard kembali dengan interval 10 cm dimulai dari 3,64 m. Penambahan freeboard dengan interval 10 cm akan terus dilakukan sampai prediksi overtopping yang terjadi pada seawall berada di bawah batas aman. Hasil perhitungan penambahan freeboard dengan bullnose 60 derajat disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.25. Sketsa seawall yang sudah ditambahkan freeboard dengan bullnose 60 derajat terdapat pada gambar 4.26.

Tabel 4.11 perkiraan penambahan freeboard dengan bullnose 60 derajat

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-----------|--------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| freeboard | | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.64 | 4.488 | 4.77 | 1.963 | 4.567 | 0.00015 | 0.15 | 0.12 | 0.2 | 2.428 | 0.481 | 1.526 | 1.448 | 3 | 0.046 | 0.0067 |
| 2025 | | 4.496 | 4.48 | 1.963 | 4.279 | 0.00018 | 0.18 | 0.12 | 0.2 | 2.282 | 0.481 | 1.525 | 1.448 | 3 | 0.047 | 0.0084 |
| 2026 | | 4.504 | 4.19 | 1.963 | 3.991 | 0.00022 | 0.22 | 0.12 | 0.2 | 2.135 | 0.481 | 1.525 | 1.448 | 3 | 0.049 | 0.0105 |
| 2027 | | 4.512 | 3.90 | 1.963 | 3.703 | 0.00027 | 0.27 | 0.12 | 0.2 | 1.988 | 0.480 | 1.525 | 1.447 | 3 | 0.050 | 0.0134 |
| 2028 | | 4.52 | 3.62 | 1.963 | 3.415 | 0.00034 | 0.34 | 0.12 | 0.2 | 1.842 | 0.480 | 1.525 | 1.447 | 2 | 0.107 | 0.04 |
| 2029 | | 4.528 | 3.33 | 1.963 | 3.127 | 0.00043 | 0.43 | 0.12 | 0.2 | 1.695 | 0.480 | 1.524 | 1.447 | 2 | 0.203 | 0.09 |
| 2030 | | 4.536 | 3.04 | 1.963 | 2.839 | 0.00056 | 0.56 | 0.12 | 0.2 | 1.548 | 0.480 | 1.524 | 1.446 | 2 | 0.299 | 0.17 |
| 2031 | | 4.544 | 2.75 | 1.963 | 2.551 | 0.00106 | 1.06 | 0.12 | 0.2 | 1.401 | 0.479 | 1.523 | 1.446 | 2 | 0.395 | 0.42 |
| 2032 | | 4.552 | 2.46 | 1.963 | 2.263 | 0.00141 | 1.41 | 0.12 | 0.2 | 1.255 | 0.479 | 1.523 | 1.445 | 2 | 0.490 | 0.69 |
| 2033 | | 4.56 | 2.18 | 1.963 | 1.975 | 0.00190 | 1.90 | 0.12 | 0.2 | 1.108 | 0.478 | 1.522 | 1.444 | 2 | 0.586 | 1.11 |
| 2034 | | 4.568 | 1.89 | 1.963 | 1.687 | 0.00254 | 2.54 | 0.12 | 0.2 | 0.961 | 0.478 | 1.521 | 1.443 | 2 | 0.682 | 1.73 |
| 2035 | | 4.576 | 1.60 | 1.963 | 1.399 | 0.00340 | 3.40 | 0.12 | 0.2 | 0.815 | 0.477 | 1.519 | 1.442 | 2 | 0.778 | 2.65 |
| 2036 | | 4.584 | 1.31 | 1.963 | 1.111 | 0.00456 | 4.56 | 0.12 | 0.2 | 0.668 | 0.475 | 1.517 | 1.440 | 2 | 0.873 | 3.98 |
| 2037 | | 4.592 | 1.02 | 1.963 | 0.823 | 0.00611 | 6.11 | 0.12 | 0.2 | 0.521 | 0.473 | 1.513 | 1.437 | 2 | 0.968 | 5.92 |
| 2038 | | 4.6 | 0.73 | 1.963 | 0.535 | 0.00819 | 8.19 | 0.12 | 0.2 | 0.374 | 0.469 | 1.507 | 1.431 | 1 | 1.000 | 8.19 |
| 2039 | | 4.608 | 0.45 | 1.963 | 0.247 | 0.01097 | 10.97 | 0.12 | 0.2 | 0.228 | 0.461 | 1.493 | 1.417 | 1 | 1.000 | 10.97 |
| 2040 | | 4.616 | 0.16 | 1.963 | -0.041 | 0.01469 | 14.69 | 0.12 | 0.2 | 0.081 | 0.420 | 1.426 | 1.354 | 1 | 1.000 | 14.69 |



Gambar 4.25 Grafik penambahan freeboard dengan kemiringan bullnose 60 derajat



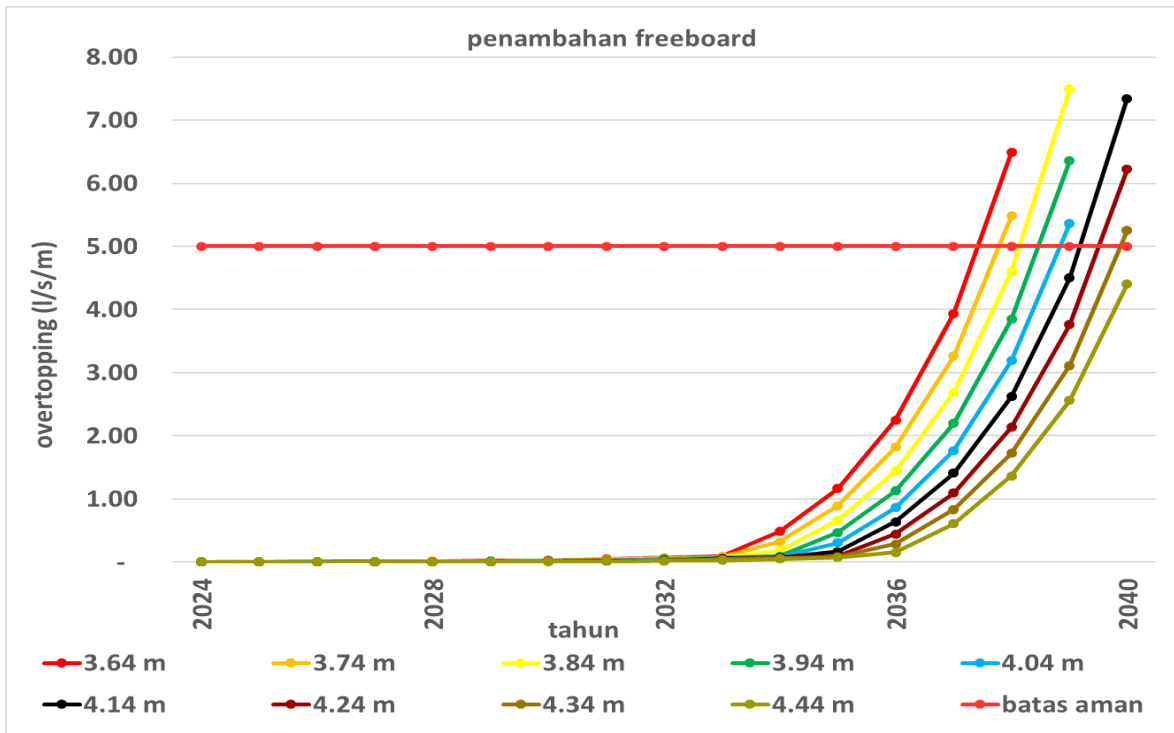
Gambar 4.26 sketsa seawall jika ditambahkan bullnose 60 derajat tahun 2024

Tabel 4.12 merupakan salah satu contoh perhitungan penambahan *freeboard seawall* dengan bullnose sudut 30 derajat. Perhitungan dilakukan agar didapatkan besarnya freeboard seminimum mungkin. Penambahan freeboard sebesar 3,64 m dari keadaan

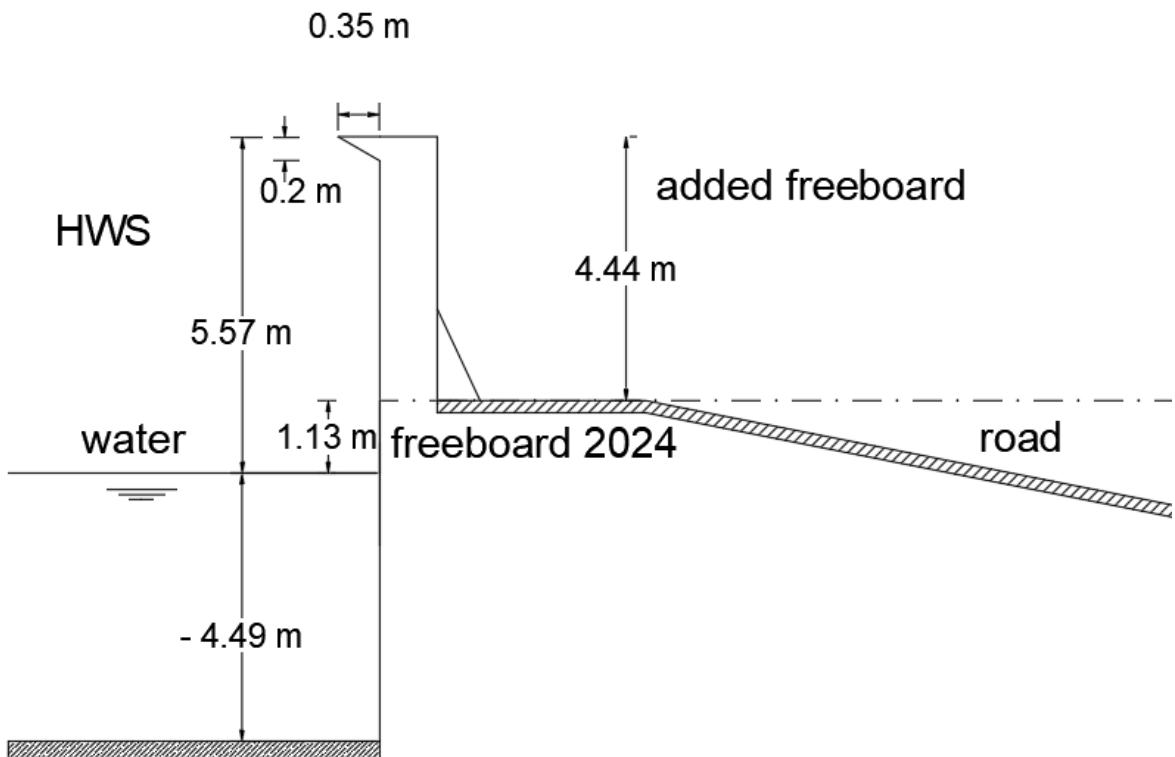
freeboard tahun 2024. 3,64 m adalah estimasi besar land subsidence antara tahun 2024 sampai 2040. Hal ini untuk mengakomodir seawall agar tetap diatas permukaan laut. Jika hasil perhitungan prediksi overtopping pada freeboard yang ditambahkan belum memenuhi batas aman pada tahun 2040, maka dilakukan penambahan freeboard kembali dengan interval 10 cm dimulai dari 3,64 m. Penambahan freeboard dengan interval 10 cm akan terus dilakukan sampai prediksi overtopping yang terjadi pada seawall berada di bawah batas aman. Hasil perhitungan penambahan freeboard dengan bullnose 30 derajat disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.27. Sketsa seawall yang sudah ditambahkan freeboard dengan bullnose kemiringan 30 derajat terdapat pada gambar 4.28

Tabel 4.12 perkiraan penambahan freeboard dengan bullnose 30 derajat

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc(Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | |
|-------|-----------|-------|------|-------|--------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | q |
| 2024 | 3.64 | 4.488 | 4.77 | 1.963 | 4.567 | 0.00015 | 0.15 | 0.35 | 0.2 | 2.428 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0055 |
| 2025 | | 4.496 | 4.48 | 1.963 | 4.279 | 0.00018 | 0.18 | 0.35 | 0.2 | 2.282 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.039 | 0.0069 |
| 2026 | | 4.504 | 4.19 | 1.963 | 3.991 | 0.00022 | 0.22 | 0.35 | 0.2 | 2.135 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.0087 |
| 2027 | | 4.512 | 3.90 | 1.963 | 3.703 | 0.00027 | 0.27 | 0.35 | 0.2 | 1.988 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.0111 |
| 2028 | | 4.52 | 3.62 | 1.963 | 3.415 | 0.00034 | 0.34 | 0.35 | 0.2 | 1.842 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.0145 |
| 2029 | | 4.528 | 3.33 | 1.963 | 3.127 | 0.00043 | 0.43 | 0.35 | 0.2 | 1.695 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2030 | | 4.536 | 3.04 | 1.963 | 2.839 | 0.00056 | 0.56 | 0.35 | 0.2 | 1.548 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2031 | | 4.544 | 2.75 | 1.963 | 2.551 | 0.00106 | 1.06 | 0.35 | 0.2 | 1.401 | 0.191 | 0.961 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.05 |
| 2032 | | 4.552 | 2.46 | 1.963 | 2.263 | 0.00141 | 1.41 | 0.35 | 0.2 | 1.255 | 0.190 | 0.960 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.07 |
| 2033 | | 4.56 | 2.18 | 1.963 | 1.975 | 0.00190 | 1.90 | 0.35 | 0.2 | 1.108 | 0.190 | 0.958 | 0.910 | 3 | 0.050 | 0.10 |
| 2034 | | 4.568 | 1.89 | 1.963 | 1.687 | 0.00254 | 2.54 | 0.35 | 0.2 | 0.961 | 0.189 | 0.957 | 0.908 | 2 | 0.193 | 0.49 |
| 2035 | | 4.576 | 1.60 | 1.963 | 1.399 | 0.00340 | 3.40 | 0.35 | 0.2 | 0.815 | 0.188 | 0.954 | 0.906 | 2 | 0.343 | 1.17 |
| 2036 | | 4.584 | 1.31 | 1.963 | 1.111 | 0.00456 | 4.56 | 0.35 | 0.2 | 0.668 | 0.187 | 0.951 | 0.903 | 2 | 0.494 | 2.25 |
| 2037 | | 4.592 | 1.02 | 1.963 | 0.823 | 0.00611 | 6.11 | 0.35 | 0.2 | 0.521 | 0.185 | 0.945 | 0.897 | 2 | 0.644 | 3.93 |
| 2038 | | 4.6 | 0.73 | 1.963 | 0.535 | 0.00819 | 8.19 | 0.35 | 0.2 | 0.374 | 0.181 | 0.935 | 0.888 | 2 | 0.793 | 6.49 |
| 2039 | | 4.608 | 0.45 | 1.963 | 0.247 | 0.01097 | 10.97 | 0.35 | 0.2 | 0.228 | 0.172 | 0.912 | 0.866 | 2 | 0.939 | 10.30 |
| 2040 | | 4.616 | 0.16 | 1.963 | -0.041 | 0.01469 | 14.69 | 0.35 | 0.2 | 0.081 | 0.131 | 0.798 | 0.757 | 1 | 1.000 | 14.69 |



Gambar 4.27 Grafik penambahan freeboard dengan kemiringan bullnose 30 derajat



Gambar 4.28 sketsa seawall jika ditambahkan bullnose 30 derajat tahun 2024

4.9.3 Analisis penambahan freeboard

Agar seawall tetap aman sampai tahun 2040, maka diperlukan penambahan freeboard minimum sebesar 4.74 m dari freeboard tahun 2024 . Sehingga total freeboard seawall NCICD adalah sebesar 5,87m. Penambahan freeboard sebesar 3,64 m ternyata tidak mampu untuk mengakomodir besarnya overtopping yang terjadi. Nilai 3,64 m didapat dari besarnya land subsidence dikalikan dengan jumlah tahun antara 2018 sampai dengan 2040. Pada seawall dengan kemiringan bullnose 60 derajat, diperlukan penambahan freeboard minimum sebesar 4.64 m dari freeboard tahun 2024. Sedangkan pada bullnose dengan kemiringan 30 derajat hanya diperlukan penambahan freeboard minimum sebesar 4.44 m dari freeboard tahun 2024 agar seawall tetap aman sampai tahun 2040. Sehingga terjadi perbedaan sebesar 30 cm antara seawall dengan kemiringan bullnose 30 derajat dan seawall tanpa bullnose. Jika seawall dengan kemiringan bullnose 60 derajat dibandingkan dengan seawall tanpa bullnose, perbedaan besarnya freeboard minimum hanya sebesar 10 cm. Perbedaan yang cukup signifikan ini sesuai dengan jurnal yang ditulis oleh Kortenhaus dkk mengenai efek penggunaan bullnose untuk mengurangi overtopping.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUPAN

5.1 Kesimpulan

1. Overtopping yang terjadi pada Seawall NCICD fase A di kawasan pluit pada keadaan freeboard tahun 2018 diperkirakan berada di batas aman yaitu sebesar 0.96 l/s/m. Overtopping yang terjadi juga diperkirakan akan aman sampai tahun 2023. Pada tahun 2024 sampai dengan 2027, overtopping yang terjadi sudah lebih dari 5 l/s/m sehingga seawall berada dalam kondisi tidak aman. Pada tahun 2028 sampai 2040, seawall diperkirakan sudah berada dibawah garis air sehingga tidak mampu untuk melindungi kawasan pluit. Cepatnya perubahan status keamanan pada *seawall* diakibatkan *land subsidence* pada kawasan Pluit yang sangat besar, yaitu sebesar 28 cm / tahun. Hal ini menyebabkan *freeboard* pada *seawall* akan berkurang sebesar 28 cm/ tahun.
2. Agar seawall tetap bertahan sampai tahun 2040, maka diperlukan penambahan freeboard minimum sebesar 4.74 m dari freeboard tahun 2024 . Sehingga total freeboard seawall NCICD adalah sebesar 5,87m. Pada seawall dengan kemiringan bullnose 60 derajat, diperlukan penambahan freeboard minimum sebesar 4.64 m dari freeboard tahun 2024. Sedangkan pada bullnose dengan kemiringan 30 derajat hanya diperlukan penambahan freeboard minimum sebesar 4.44 m. Sehingga terjadi perbedaan sebesar 30 cm antara seawall dengan kemiringan bullnose 30 derajat dan seawall tanpa bullnose. Jika seawall dengan kemiringan bullnose 60 derajat dibandingkan dengan seawall tanpa bullnose, perbedaan besarnya freeboard minimum hanya sebesar 10 cm.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian kedepan, disarankan untuk menggunakan variasi sudut kemiringan bullnose yang lebih banyak sehingga didapatkan freeboard paling minimum untuk ditambahkan.
2. Faktor penentu ketinggian disarankan untuk mengikutsertakan faktor wind setup, storm surge, penurunan sisa, serta potensi tsunami yang terjadi. Hal ini sesuai dengan peraturan gubernur DKI Jakarta no 146 tahun 2014.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., H. Andreas, I. Gumilar, Y. Fukuda, Y E. Pohan, T. Geduchi. 2011. Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Nat Hazards* 59:1753–1771.
- Allsop, W., T. Bruce, J.M. Pearson, dan J. Alderson. 2003. Violent wave overtopping at the coast, when are we safe? . *ICE Conference.Coastal Management* 15 -17 (Oktober):54-69.
- Allsop, W., T Bruce, J.M. Pearson, L. Franco. 2005. Safety Under Wave Overtopping – How Overtopping Processes and Hazards Are viewed By Public. *Coastal Engineering 29th International Conference* (April): 4263-4274.
- Allsop, W., T. Bruce, J.M. Pearson,dan P. Besley. 2005. Wave overtopping at vertical and steep seawalls. *Maritime Engineering* 158: 103-114.
- Andreas, H., H.Z. Abidin, D. Pradipta, D.A. Sarsito, I. Gumilar. 2018. Insight Look the Subsidence Impact to Infrastructures in Jakarta and Semarang Area; Key for Adaptation and Mitigation. *Matec Web of Conference* (Januari): 08001.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2010. *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap Synthesis Report*. Indonesia
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. 2017. *Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi DKI Jakarta 2010, 2014, dan 2015*. Diakses pada 16 september 2018. <https://jakarta.bps.go.id/statictable/2017/01/30/136/jumlah-penduduk-dan-laju-pertumbuhan-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta-2010-2014-dan-2015.html>.
- CIRIA, CUR, CETMEF. 2007. *The Rock manual: The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. London: Penerbit C683 CIRIA.
- Febrianto, T., T. Hestirianoto, S.B. Agus. 2015. Pemetaan Batimetri di Perairan Dangkal Pulau Tunda, Serang, Banten Menggunakan Single Beam Echo sounder. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan* Vol 6 no 2.
- Geodesy ITB. 2007. *Pemantauan penurunan tanah (land subsidence) di kota-kota besar dengan GPS*. Diakses pada 20 februari 2019. <https://geodesy.gd.itb.ac.id/2007/01/05/pemantaun-penurunan-tanah-land-subsidence-di-kota-besar-dengan-gps/>.

- Hoek, A., D. de Heer, B. van Olst, P. van Leeuwen, R. van den Kerkhoff. 2018. *How To Protect East Jakarta Against Flooding*. Universitas TU Delft .
- Kamphuis, J.W., 2000. *Introduction To Coastal Engineering and Management*. Singapura: Penerbit World Scientific .
- Kim, Y.C. 2010. *Handbook of Coastal and Ocean Engineering*. Singapura: Penerbit World Scientific.
- Kortenhaus, A., J.M. Pearson, T. Bruce, N.W. Allsop, J.W. Van der Meer. 2003. Influence of Parapets and Recurves on Wave Overtopping and Wave Loading of Complex Vertical Walls. *Conference: Coastal Structures 2003* (Agustus). DOI: 10.1061/40733(147)31.
- Mehrabani, M.B., H. Chen, dan M.W. Stevenson. 2015. Overtopping Failure Analysis of Coastal Flood Defences Affected by Climate Change. *Journal of Physics: Conference Series*. DOI: 10.1088/1742-6596/628/1/012049
- Pearson, J., A. Kortenhaus, T. Bruce, N.W.H. Allsop, dan J.W. Van Der Meer. 2005. Effectiveness Of Recurve Walls In Reducing Wave Overtopping On Seawalls And Breakwaters. *29th International Conference on Coastal Engineering, ICCE 2004* (April). DOI: 10.1142/9789812701916_0355
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. 2012. *Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta nomor 121 tahun 2012 tentang Penataan Ruang Kawasan Reklamasi Pantai Utara Jakarta*. Jakarta
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. 2014. *Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta nomor 146 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Membangun dan Pelayanan Perizinan Prasarana Reklamasi Kawasan Strategis Pantai Utara Jakarta*. Jakarta.
- PT. Witteveen+Bos Indonesia. 2014. *Master Plan National Capital Integrated Coastal Development* . Jakarta.
- PT. Witteveen+Bos Indonesia. 2014. *Master Plan National Capital Integrated Coastal Development : Boundary Condition*. Jakarta.
- PT. Witteveen+Bos Indonesia. 2014. *Master Plan National Capital Integrated Coastal Development : Engineering Report* . Jakarta.
- PT. Witteveen+Bos Indonesia. 2017. *National Capital Integrated Coastal Development: Advisory Note Acceleration Stage A/E* . Jakarta.
- Schoonees, T. 2014. Impermeable recurve seawalls to reduce wave overtopping. *Thesis Meng Faculty of Engineering*. Universitas Stellenbosch, Stellenbosch

- Steinberg, F. 2007. Jakarta: environmental problems and sustainability. *Habitat International*. 31: 354–365.
- Takagi, H., M. Esteban, T. Mikami, D. Fujii. 2016. Projection of Coastal Floods in 2050 Jakarta. *Urban Climate (17) : 131-145*
- Takagi, H., D. Fujii., M. Esteban, dan X. Ying. 2017. Effectiveness and Limitation of Coastal Dykes in Jakarta: The Need for Prioritizing Actions against Land subsidence . *Sustainability (9) : 619*.
- Triadmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai* . Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- US Army Corps Of Engineer. 1984. *Shore Protection Manual: Volume 1* . Mississippi
- Van Der Meer, J.W., dan T. Bruce. 2014. New Physical Insights and Design Formulas on Wave Overtopping at Sloping and Vertical Structures. *Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering 140(6):04014025*.
- Van Der Meer, J.W., N.W.H. Allsop, T. Bruce, J. De Rouck, A. Kortenhaus, T. Pullen, H. Schüttrumpf, P. Troch, dan B. Zanuttigh. 2016. *EurOtop Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*. Europe: Penerbit Environment Agency, ENW, KFKI.
- Zhang, W.Z.Z., Z.J. Zhai, Q.Y. Chen. 2017. Evaluation of Various Turbulence Models in Predicting Airflow and Turbulence in Enclosed Environments by CFD: Part 2—Comparison with Experimental Data from Literature. *HVAC&R Research*. 13:6 871-886

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Peraturan Gubernur no 146 Tahun 2014 pasal 11

LAMPIRAN B Distribusi Angin

LAMPIRAN C Perhitungan Prediksi Gelombang

LAMPIRAN D Perkiraan Penambahan Freeboard Tanpa Bullnose

LAMPIRAN E Perkiraan Penambahan Freeboard Dengan Bullnose 60 Derajat

LAMPIRAN F Perkiraan Penambahan Freeboard Dengan Bullnose 30 Derajat

LAMPIRAN G Berita Acara Wawancara Kementerian PUPR

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A Peraturan Gubernur no 146 Tahun 2014 pasal 11

- (2) Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam kekuatan tanggul sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi :
- kegempaan;
 - likuifaksi;
 - kestabilan makro dan mikro;
 - perpipaan (piping);
 - rembesan (seepage); dan
 - dampak dorongan ke atas air tanah terhadap konstruksi tanggul.
- (3) Persyaratan kondisi gempa sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a harus diselenggarakan sesuai dengan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung atau standar kegempaan internasional yang setara dengan memperhatikan kondisi geologi dasar laut Teluk Jakarta.

Pasal 11

- (1) Ketinggian tanggul harus memperhatikan faktor-faktor :
- ketinggian air laut pasang;
 - wind setup atau meningginya permukaan air akibat angin;
 - storm surge atau meningginya permukaan air akibat perubahan tekanan atmosfer;
 - wave atau gelombang laut;
 - amblesan atau penurunan muka tanah;
 - kenaikan muka air laut;
 - penurunan sisa; dan
 - potensi tsunami.
- (2) Limpasan air melampaui tanggul diperkenankan hingga batas paling banyak 5 (lima) liter per detik per meter panjang tanggul pada saat kondisi meteorologi dan oseanografi berada pada kala ulang 1.000 (seribu) tahun.
- (3) Ambelasan atau penurunan muka tanah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf d harus mempertimbangkan asumsi penurunan muka tanah sebesar minimum 7-14 cm (tujuh sampai empat belas sentimeter) per tahun, tergantung kondisi konsolidasi batuan, pembebanan bangunan, pengambilan air tanah dan struktur geologi.

Pasal 12

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B Distribusi Angin

| 1984 - 2011 | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|--------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 2958 | 3624 | 1086 | 132 | 18 | 0 | 0 | 7818 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 3012 | 3606 | 756 | 6 | 0 | 0 | 0 | 7380 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 4206 | 12486 | 13458 | 6810 | 1140 | 60 | 0 | 38160 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 5130 | 20940 | 30636 | 18402 | 3630 | 120 | 12 | 78870 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 4806 | 11136 | 5490 | 966 | 30 | 0 | 0 | 22428 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 4686 | 9048 | 4992 | 1212 | 96 | 12 | 0 | 20046 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 4338 | 13002 | 14790 | 7200 | 1608 | 204 | 6 | 41148 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 3576 | 9883 | 9624 | 5268 | 1170 | 84 | 0 | 29605 |
| | Sub-Total | 32712 | 83725 | 80832 | 39996 | 7692 | 480 | 18 | 245455 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 245455 |

| 1984 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 108 | 108 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 72 | 120 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 96 | 390 | 414 | 264 | 48 | 0 | 0 | 1212 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 258 | 894 | 1272 | 612 | 42 | 0 | 0 | 3078 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 222 | 576 | 258 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1062 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 186 | 468 | 198 | 24 | 0 | 0 | 0 | 876 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 186 | 480 | 438 | 132 | 0 | 0 | 0 | 1236 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 72 | 342 | 336 | 84 | 12 | 0 | 0 | 846 |
| | Sub-Total | 1200 | 3378 | 2982 | 1122 | 102 | 0 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 1985 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 72 | 90 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 168 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 114 | 102 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 234 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 186 | 354 | 408 | 132 | 12 | 0 | 0 | 1092 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 228 | 924 | 1266 | 732 | 204 | 12 | 0 | 3366 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 138 | 504 | 228 | 24 | 0 | 0 | 0 | 894 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 264 | 330 | 222 | 12 | 0 | 0 | 0 | 828 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 180 | 504 | 486 | 174 | 12 | 0 | 0 | 1356 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 102 | 348 | 282 | 90 | 0 | 0 | 0 | 822 |
| | Sub-Total | 1284 | 3156 | 2916 | 1164 | 228 | 12 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1986 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 78 | 114 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 60 | 90 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 162 | 342 | 306 | 174 | 54 | 18 | 0 | 1056 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 168 | 696 | 1188 | 996 | 378 | 30 | 0 | 3456 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 144 | 468 | 342 | 114 | 6 | 0 | 0 | 1074 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 192 | 312 | 162 | 24 | 6 | 0 | 0 | 696 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 168 | 492 | 372 | 144 | 6 | 0 | 0 | 1182 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 162 | 282 | 246 | 168 | 60 | 0 | 0 | 918 |
| | Sub-Total | 1134 | 2796 | 2652 | 1620 | 510 | 48 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1987 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 36 | 78 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 60 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 54 | 372 | 480 | 504 | 132 | 12 | 0 | 1554 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 144 | 690 | 1422 | 1338 | 480 | 18 | 0 | 4092 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 108 | 414 | 174 | 48 | 0 | 0 | 0 | 744 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 78 | 180 | 138 | 6 | 0 | 0 | 0 | 402 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 72 | 192 | 354 | 174 | 36 | 0 | 0 | 828 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 84 | 270 | 300 | 204 | 18 | 0 | 0 | 876 |
| | Sub-Total | 636 | 2238 | 2916 | 2274 | 666 | 30 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1988 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 54 | 72 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 72 | 102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 144 | 360 | 504 | 390 | 96 | 0 | 0 | 1494 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 138 | 774 | 1170 | 756 | 240 | 18 | 0 | 3096 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 126 | 420 | 204 | 24 | 0 | 0 | 0 | 774 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 66 | 366 | 234 | 144 | 12 | 0 | 0 | 822 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 168 | 504 | 630 | 246 | 42 | 0 | 0 | 1590 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 60 | 354 | 246 | 42 | 0 | 0 | 0 | 702 |
| | Sub-Total | 828 | 2952 | 2994 | 1602 | 390 | 18 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 1989 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 102 | 78 | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 | 198 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 168 | 72 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 192 | 414 | 342 | 114 | 30 | 0 | 0 | 1092 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 198 | 744 | 1008 | 570 | 126 | 0 | 0 | 2646 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 228 | 558 | 360 | 36 | 18 | 0 | 0 | 1200 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 228 | 480 | 294 | 126 | 6 | 0 | 0 | 1134 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 174 | 516 | 528 | 258 | 18 | 0 | 0 | 1494 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 132 | 180 | 342 | 90 | 0 | 0 | 0 | 744 |
| | Sub-Total | 1422 | 3042 | 2898 | 1200 | 198 | 0 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1990 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 114 | 168 | 48 | 12 | 0 | 0 | 0 | 342 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 90 | 132 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 246 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 138 | 510 | 708 | 396 | 60 | 6 | 0 | 1818 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 108 | 720 | 1170 | 906 | 144 | 0 | 6 | 3054 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 132 | 456 | 162 | 18 | 0 | 0 | 0 | 768 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 108 | 186 | 60 | 12 | 0 | 0 | 0 | 366 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 90 | 330 | 336 | 210 | 24 | 0 | 0 | 990 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 102 | 384 | 408 | 180 | 90 | 12 | 0 | 1176 |
| | Sub-Total | 882 | 2886 | 2916 | 1734 | 318 | 18 | 6 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1991 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 96 | 60 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 168 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 84 | 108 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 228 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 150 | 330 | 480 | 606 | 246 | 18 | 0 | 1830 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 174 | 462 | 936 | 1206 | 486 | 24 | 6 | 3294 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 150 | 276 | 96 | 6 | 0 | 0 | 0 | 528 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 138 | 240 | 132 | 18 | 6 | 0 | 0 | 534 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 144 | 426 | 384 | 288 | 42 | 0 | 0 | 1284 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 144 | 210 | 282 | 198 | 60 | 0 | 0 | 894 |
| | Sub-Total | 1080 | 2112 | 2358 | 2322 | 840 | 42 | 6 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1992 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 84 | 210 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 330 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 144 | 180 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 372 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 240 | 678 | 576 | 396 | 54 | 0 | 0 | 1944 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 198 | 870 | 1032 | 378 | 30 | 0 | 0 | 2508 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 186 | 342 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 624 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 216 | 330 | 120 | 24 | 6 | 0 | 0 | 696 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 150 | 444 | 402 | 144 | 18 | 0 | 0 | 1158 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 180 | 570 | 354 | 48 | 0 | 0 | 0 | 1152 |
| | Sub-Total | 1398 | 3624 | 2664 | 990 | 108 | 0 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 1993 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 60 | 84 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 96 | 108 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 234 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 144 | 570 | 654 | 342 | 36 | 0 | 0 | 1746 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 210 | 750 | 1362 | 714 | 60 | 0 | 0 | 3096 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 144 | 312 | 174 | 24 | 0 | 0 | 0 | 654 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 120 | 288 | 78 | 12 | 0 | 0 | 0 | 498 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 132 | 300 | 414 | 210 | 114 | 18 | 0 | 1188 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 120 | 276 | 342 | 294 | 132 | 30 | 0 | 1194 |
| | Sub-Total | 1026 | 2688 | 3060 | 1596 | 342 | 48 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1994 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 108 | 138 | 18 | 6 | 0 | 0 | 0 | 270 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 108 | 102 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 264 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 108 | 288 | 324 | 168 | 84 | 0 | 0 | 972 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 102 | 558 | 1404 | 1356 | 162 | 0 | 0 | 3582 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 168 | 318 | 120 | 48 | 0 | 0 | 0 | 654 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 168 | 192 | 114 | 6 | 6 | 0 | 0 | 486 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 168 | 546 | 504 | 222 | 36 | 0 | 0 | 1476 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 186 | 426 | 300 | 138 | 6 | 0 | 0 | 1056 |
| | Sub-Total | 1116 | 2568 | 2838 | 1944 | 294 | 0 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1995 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 108 | 150 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 282 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 108 | 66 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 186 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 144 | 438 | 456 | 264 | 12 | 0 | 0 | 1314 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 180 | 720 | 1380 | 486 | 30 | 6 | 0 | 2802 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 144 | 330 | 216 | 12 | 0 | 0 | 0 | 702 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 138 | 288 | 162 | 30 | 0 | 0 | 0 | 618 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 114 | 540 | 582 | 306 | 42 | 0 | 0 | 1584 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 96 | 390 | 510 | 228 | 48 | 0 | 0 | 1272 |
| | Sub-Total | 1032 | 2922 | 3342 | 1326 | 132 | 6 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1996 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 60 | 84 | 48 | 0 | 6 | 0 | 0 | 198 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 60 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 144 | 492 | 486 | 270 | 6 | 0 | 0 | 1398 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 186 | 942 | 1080 | 300 | 12 | 0 | 0 | 2520 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 228 | 498 | 168 | 18 | 0 | 0 | 0 | 912 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 210 | 360 | 222 | 90 | 0 | 0 | 0 | 882 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 108 | 408 | 582 | 396 | 132 | 24 | 0 | 1650 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 126 | 252 | 318 | 300 | 72 | 6 | 0 | 1074 |
| | Sub-Total | 1122 | 3126 | 2904 | 1374 | 228 | 30 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 1997 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 102 | 96 | 18 | 24 | 0 | 0 | 0 | 240 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 90 | 144 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 138 | 414 | 540 | 330 | 30 | 0 | 0 | 1452 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 156 | 840 | 1434 | 1044 | 216 | 6 | 0 | 3696 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 120 | 276 | 114 | 54 | 0 | 0 | 0 | 564 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 144 | 156 | 78 | 18 | 0 | 0 | 0 | 396 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 102 | 264 | 426 | 294 | 54 | 6 | 0 | 1146 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 66 | 180 | 384 | 342 | 42 | 0 | 0 | 1014 |
| | Sub-Total | 918 | 2370 | 3012 | 2106 | 342 | 12 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1998 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 216 | 162 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 396 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 192 | 336 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 600 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 258 | 966 | 900 | 192 | 18 | 0 | 0 | 2334 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 240 | 738 | 450 | 120 | 36 | 0 | 0 | 1584 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 234 | 276 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 570 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 180 | 300 | 150 | 18 | 0 | 0 | 0 | 648 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 246 | 588 | 516 | 258 | 12 | 6 | 0 | 1626 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 240 | 426 | 294 | 42 | 0 | 0 | 0 | 1002 |
| | Sub-Total | 1806 | 3792 | 2460 | 630 | 66 | 6 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 1999 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 144 | 102 | 60 | 6 | 0 | 0 | 0 | 312 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 114 | 186 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 372 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 162 | 474 | 492 | 84 | 0 | 0 | 0 | 1212 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 150 | 726 | 714 | 348 | 18 | 0 | 0 | 1956 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 156 | 324 | 192 | 24 | 0 | 0 | 0 | 696 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 132 | 462 | 234 | 60 | 6 | 0 | 0 | 894 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 198 | 636 | 708 | 546 | 198 | 54 | 0 | 2340 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 156 | 306 | 312 | 186 | 18 | 0 | 0 | 978 |
| | Sub-Total | 1212 | 3216 | 2784 | 1254 | 240 | 54 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2000 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 102 | 156 | 66 | 12 | 0 | 0 | 0 | 336 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 90 | 132 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 258 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 126 | 306 | 252 | 54 | 0 | 0 | 0 | 738 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 174 | 612 | 636 | 288 | 30 | 0 | 0 | 1740 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 240 | 510 | 300 | 84 | 0 | 0 | 0 | 1134 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 270 | 570 | 312 | 102 | 18 | 6 | 0 | 1278 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 198 | 588 | 882 | 312 | 108 | 0 | 0 | 2088 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 120 | 414 | 432 | 228 | 18 | 0 | 0 | 1212 |
| | Sub-Total | 1320 | 3288 | 2916 | 1080 | 174 | 6 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 2001 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 138 | 78 | 24 | 6 | 0 | 0 | 0 | 246 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 108 | 96 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 120 | 276 | 186 | 42 | 0 | 0 | 0 | 624 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 174 | 750 | 912 | 294 | 84 | 0 | 0 | 2214 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 264 | 636 | 288 | 102 | 0 | 0 | 0 | 1290 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 258 | 564 | 270 | 84 | 0 | 0 | 0 | 1176 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 138 | 528 | 792 | 432 | 150 | 60 | 6 | 2106 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 132 | 348 | 264 | 96 | 42 | 6 | 0 | 888 |
| | Sub-Total | 1332 | 3276 | 2748 | 1056 | 276 | 66 | 6 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2002 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 132 | 258 | 108 | 36 | 12 | 0 | 0 | 546 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 162 | 222 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 444 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 180 | 660 | 582 | 114 | 12 | 0 | 0 | 1548 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 210 | 804 | 1014 | 540 | 66 | 0 | 0 | 2634 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 144 | 342 | 198 | 12 | 0 | 0 | 0 | 696 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 168 | 192 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 420 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 186 | 348 | 276 | 54 | 24 | 0 | 0 | 888 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 174 | 456 | 462 | 420 | 66 | 6 | 0 | 1584 |
| | Sub-Total | 1356 | 3282 | 2760 | 1176 | 180 | 6 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2003 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 156 | 168 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 378 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 96 | 144 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 264 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 150 | 468 | 426 | 180 | 6 | 0 | 0 | 1230 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 204 | 930 | 888 | 456 | 42 | 0 | 0 | 2520 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 246 | 402 | 270 | 66 | 6 | 0 | 0 | 990 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 138 | 240 | 132 | 36 | 0 | 0 | 0 | 546 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 132 | 438 | 594 | 330 | 120 | 0 | 0 | 1614 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 138 | 336 | 450 | 258 | 30 | 6 | 0 | 1218 |
| | Sub-Total | 1260 | 3126 | 2838 | 1326 | 204 | 6 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2004 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 96 | 150 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 306 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 150 | 156 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 324 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 132 | 420 | 426 | 150 | 6 | 0 | 0 | 1134 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 288 | 738 | 1062 | 366 | 60 | 0 | 0 | 2514 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 228 | 402 | 198 | 60 | 0 | 0 | 0 | 888 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 132 | 246 | 174 | 30 | 0 | 0 | 0 | 582 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 174 | 588 | 696 | 216 | 48 | 12 | 0 | 1734 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 180 | 408 | 438 | 228 | 48 | 0 | 0 | 1302 |
| | Sub-Total | 1380 | 3108 | 3072 | 1050 | 162 | 12 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 2005 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 120 | 150 | 48 | 18 | 0 | 0 | 0 | 336 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 126 | 144 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 288 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 192 | 522 | 576 | 120 | 48 | 0 | 0 | 1458 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 198 | 864 | 756 | 342 | 60 | 0 | 0 | 2220 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 192 | 402 | 150 | 6 | 0 | 0 | 0 | 750 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 174 | 426 | 150 | 60 | 0 | 0 | 0 | 810 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 186 | 504 | 582 | 240 | 30 | 0 | 0 | 1542 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 144 | 474 | 528 | 174 | 36 | 0 | 0 | 1356 |
| | Sub-Total | 1332 | 3486 | 2808 | 960 | 174 | 0 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2006 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| no | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 144 | 162 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 336 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 138 | 186 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 354 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 162 | 474 | 450 | 168 | 6 | 0 | 0 | 1260 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 186 | 558 | 1398 | 846 | 66 | 0 | 0 | 3054 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 168 | 252 | 198 | 24 | 0 | 0 | 0 | 642 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 120 | 258 | 120 | 54 | 12 | 6 | 0 | 570 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 138 | 444 | 654 | 288 | 108 | 0 | 0 | 1632 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 126 | 354 | 276 | 138 | 18 | 0 | 0 | 912 |
| | Sub-Total | 1182 | 2688 | 3156 | 1518 | 210 | 6 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2007 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 78 | 168 | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 324 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 108 | 120 | 18 | 6 | 0 | 0 | 0 | 252 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 144 | 384 | 492 | 246 | 18 | 0 | 0 | 1284 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 192 | 672 | 1134 | 762 | 60 | 0 | 0 | 2820 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 150 | 312 | 162 | 12 | 0 | 0 | 0 | 636 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 204 | 378 | 174 | 54 | 6 | 0 | 0 | 816 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 240 | 504 | 420 | 276 | 54 | 6 | 0 | 1500 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 150 | 372 | 390 | 186 | 30 | 0 | 0 | 1128 |
| | Sub-Total | 1266 | 2910 | 2868 | 1542 | 168 | 6 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2008 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 72 | 108 | 42 | 6 | 0 | 0 | 0 | 228 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 84 | 72 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 198 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 132 | 384 | 414 | 288 | 66 | 0 | 0 | 1284 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 162 | 780 | 1392 | 822 | 180 | 0 | 0 | 3336 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 168 | 372 | 126 | 24 | 0 | 0 | 0 | 690 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 150 | 204 | 192 | 18 | 0 | 0 | 0 | 564 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 102 | 438 | 546 | 294 | 72 | 0 | 0 | 1452 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 72 | 348 | 198 | 294 | 120 | 0 | 0 | 1032 |
| | Sub-Total | 942 | 2706 | 2952 | 1746 | 438 | 0 | 0 | 8784 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8784 |

| 2009 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 120 | 150 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 312 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 120 | 72 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 204 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 162 | 480 | 630 | 336 | 12 | 6 | 0 | 1626 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 180 | 720 | 1320 | 510 | 66 | 0 | 0 | 2796 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 132 | 396 | 228 | 54 | 0 | 0 | 0 | 810 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 150 | 306 | 198 | 60 | 6 | 0 | 0 | 720 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 144 | 450 | 438 | 162 | 12 | 0 | 0 | 1206 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 84 | 294 | 300 | 282 | 120 | 6 | 0 | 1086 |
| | Sub-Total | 1092 | 2868 | 3168 | 1404 | 216 | 12 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2010 | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| | Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 | 337.5 - 22.5 | 180 | 180 | 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 426 |
| 2 | 22.5 - 67.5 | 114 | 174 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 318 |
| 3 | 67.5 - 112.5 | 156 | 462 | 636 | 270 | 30 | 0 | 0 | 1554 |
| 4 | 112.5 - 157.5 | 192 | 882 | 660 | 198 | 18 | 6 | 0 | 1956 |
| 5 | 157.5 - 202.5 | 132 | 444 | 234 | 6 | 0 | 0 | 0 | 816 |
| 6 | 202.5 - 247.5 | 192 | 396 | 390 | 48 | 0 | 0 | 0 | 1026 |
| 7 | 247.5 - 292.5 | 192 | 546 | 534 | 252 | 30 | 12 | 0 | 1566 |
| 8 | 292.5 - 337.5 | 162 | 510 | 282 | 108 | 36 | 0 | 0 | 1098 |
| | Sub-Total | 1320 | 3594 | 2832 | 882 | 114 | 18 | 0 | 8760 |
| | Calms | | | | | | | | 0 |
| | Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| | Total | | | | | | | | 8760 |

| 2011 | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------|-------|
| Directions / Wind Classes (m/s) | windspeed | | | | | | | Total |
| | 0.00 - 2.00 | 2.00 - 4.00 | 4.00 - 6.00 | 6.00 - 8.00 | 8.00 - 10.00 | 10.00 - 12.00 | >= 12.00 | |
| 1 337.5 - 22.5 | 78 | 102 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 228 |
| 2 22.5 - 67.5 | 84 | 108 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 |
| 3 67.5 - 112.5 | 90 | 258 | 318 | 216 | 18 | 0 | 0 | 900 |
| 4 112.5 - 157.5 | 132 | 582 | 1176 | 1116 | 234 | 0 | 0 | 3240 |
| 5 157.5 - 202.5 | 114 | 318 | 174 | 60 | 0 | 0 | 0 | 666 |
| 6 202.5 - 247.5 | 162 | 330 | 222 | 42 | 6 | 0 | 0 | 762 |
| 7 247.5 - 292.5 | 108 | 456 | 714 | 342 | 66 | 6 | 0 | 1692 |
| 8 292.5 - 337.5 | 66 | 373 | 348 | 222 | 48 | 12 | 0 | 1069 |
| Sub-Total | 834 | 2527 | 3018 | 1998 | 372 | 18 | 0 | 8767 |
| Calms | | | | | | | | 0 |
| Missing/Incomplete | | | | | | | | 0 |
| Total | | | | | | | | 8767 |

LAMPIRAN C Perhitungan Prediksi Gelombang

| 1 knot | = | 0.5140 | m/s | | | | |
|-----------|----------------|-----------|----------------|---------|----------|--------------|--------------|
| Direction | = | southeast | | or | 345 | degree | |
| No. | U_L (m/s) | R_L | U_W (m/s) | U_A | F (m) | H_0 (m) | T_0 (s) |
| 1 | 2.0000 | 1.9 | 3.8000 | 3.6677 | 77225 | 0.521 | 4.097 |
| 2 | 4.0000 | 1.65 | 6.6000 | 7.2326 | 77225 | 1.027 | 5.137 |
| 3 | 6.0000 | 1.45 | 8.7000 | 10.1594 | 77225 | 1.443 | 5.753 |
| 4 | 8.0000 | 1.25 | 10.0000 | 12.0575 | 77225 | 1.713 | 6.091 |
| 5 | 10.0000 | 1.15 | 11.5000 | 14.3191 | 77225 | 2.034 | 6.451 |
| 6 | 12.0000 | 1.1 | 13.2000 | 16.9654 | 77225 | 2.410 | 6.826 |
| 7 | 13.0000 | 1.05 | 13.6500 | 17.6796 | 77225 | 2.512 | 6.920 |

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | (1984 - 2011) | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 32712 | 8880.35 | 548989 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 83725 | 88387.1 | 2209610 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 80832 | 168366.69 | 2675614 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 39996 | 117347.01 | 1484058.2 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 417710.9 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 7692 | 31828.15 | 320071 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 7261568 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 480 | 2788.1 | 22364 | N = Σn | 245455 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 18 | 113.54 | 862 | | |

Hrms = 1,305 meter Root mean square wave height

Trms = 5,439 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,847 meter Significant wave height

Ts = 7,702 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | 1984 | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1200 | 325.765 | 20139.0 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3378 | 3566.10 | 89149.7 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2982 | 6211.271 | 98707.0 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1122 | 3291.913 | 41632.0 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13817.1 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 102 | 422.058 | 4244.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 253872 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 0 | 0.00 | 0.0 | N = Σn | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,254 meter Root mean square wave height

Trms = 5,376 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,776 meter Significant wave height

Ts = 7,612 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | 1985 | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1284 | 348.569 | 21548.7 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3156 | 3331.74 | 83290.9 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2916 | 6073.798 | 96522.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1164 | 3415.140 | 43190.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 14182.4 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 228 | 943.424 | 9487.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 254599 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 12 | 69.70 | 559.1 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,272 meter Root mean square wave height

Trms = 5,391 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,802 meter Significant wave height

Ts = 7,634 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | 1986 | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1134 | 307.848 | 19031.4 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2796 | 2951.69 | 73790.0 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2652 | 5523.907 | 87783.7 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1620 | 4753.029 | 60110.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15925.6 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 510 | 2110.291 | 21221.5 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 264173 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 48 | 278.81 | 2236.4 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,348 meter Root mean square wave height

Trms = 5,492 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,909 meter Significant wave height

Ts = 7,776 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | 1987 | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 636 | 172.655 | 10673.7 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2238 | 2362.62 | 59063.7 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2916 | 6073.798 | 96522.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 2274 | 6671.845 | 84377.1 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 18211.0 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 666 | 2755.792 | 27712.8 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 279747 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 30 | 174.26 | 1397.7 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,442 meter Root mean square wave height

Trms = 5,656 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 2,042 meter Significant wave height

Ts = 8,002 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1988</u> | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 828 | 224.778 | 13895.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2952 | 3116.38 | 77907.0 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2994 | 6236.266 | 99104.2 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1602 | 4700.218 | 59442.5 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15995.9 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 390 | 1613.752 | 16228.2 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 267416 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 18 | 104.55 | 838.6 | $N = \Sigma n$ | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,349 meter Root mean square wave height

Trms = 5.518 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,911 meter Significant wave height

Ts = 7,813 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1989</u> | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1422 | 386.031 | 23864.7 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3042 | 3211.388 | 80282.3 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2898 | 6036.306 | 95926.5 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1200 | 3520.762 | 44526.2 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13973.8 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 198 | 819.289 | 8238.9 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 252839 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 0 | 0.000 | 0.0 | $N = \Sigma n$ | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,263 meter Root mean square wave height

Trms = 5,372 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,788 meter Significant wave height

Ts = 7,607 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1990</u> | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 882 | 239.437 | 14802.2 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2886 | 3046.701 | 76165.2 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2916 | 6073.798 | 96522.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1734 | 5087.502 | 64340.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15905.7 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 318 | 1315.829 | 13232.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 266188 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 18 | 104.554 | 838.6 | $N = \Sigma n$ | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 6 | 37.847 | 287.3 | | |

Hrms = 1,347 meter Root mean square wave height

Trms = 5,512 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,908 meter Significant wave height

Ts = 7,806 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1991</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1080 | 293.188 | 18125.1 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2112 | 2229.60 | 55738.4 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2358 | 4911.528 | 78052.0 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 2322 | 6812.675 | 86158.2 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 18004.6 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 840 | 3475.773 | 34953.1 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 275271 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 42 | 243.96 | 1956.8 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 6 | 37.847 | 287.3 | | |

Hrms = 1,434 meter Root mean square wave height

Trms = 5,606 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 2,030 meter Significant wave height

Ts = 7,938 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1992</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1398 | 379.516 | 23461.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3624 | 3825.796 | 95642.0 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2664 | 5548.902 | 88180.9 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 990 | 2904.629 | 36734.1 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13105.7 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 108 | 446.885 | 4494.0 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 248512.9 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 0 | 0.000 | 0.0 | N = Σn | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,221 meter Root mean square wave height

Trms = 5,319 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,730 meter Significant wave height

Ts = 7,532 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1993</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1026 | 278.529 | 17218.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2688 | 2837.676 | 70939.8 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 3060 | 6373.739 | 101288.8 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1596 | 4682.614 | 59219.8 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15866.5 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 342 | 1415.136 | 14230.9 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 265134.6 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 48 | 278.810 | 2236.4 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,346 meter Root mean square wave height

Trms = 5,502 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,906 meter Significant wave height

Ts = 7,790 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | 1994 | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1116 | 302.961 | 18729.3 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2568 | 2710.994 | 67772.8 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2838 | 5911.330 | 93940.4 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1944 | 5703.635 | 72132.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15845.4 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 294 | 1216.521 | 12233.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 264808.5 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 0 | 0.000 | 0.0 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,345 meter Root mean square wave height

Trms = 5,498 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,904 meter Significant wave height

Ts = 7,785 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | 1995 | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1032 | 280.158 | 17319.6 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2922 | 3084.706 | 77115.3 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 3342 | 6961.123 | 110623.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1326 | 3890.443 | 49201.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 14797.5 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 132 | 546.193 | 5492.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 260031.8 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 6 | 34.851 | 279.5 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,300 meter Root mean square wave height

Trms = 5,448 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,840 meter Significant wave height

Ts = 7,715 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1996</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1122 | 304.590 | 18830.0 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3126 | 3300.065 | 82499.1 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2904 | 6048.803 | 96125.1 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1374 | 4031.273 | 50982.5 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 14802.4 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 228 | 943.424 | 9487.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 259321.7 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 30 | 174.256 | 1397.7 | N = Σn | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,298 meter Root mean square wave height

Trms = 5,433 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,838 meter Significant wave height

Ts = 7,694 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1997</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 918 | 249.210 | 15406.3 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2370 | 2501.969 | 62547.3 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 3012 | 6273.759 | 99700.0 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 2106 | 6178.938 | 78143.5 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 16688.7 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 342 | 1415.136 | 14230.9 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 270587.1 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 12 | 69.703 | 559.1 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,380 meter Root mean square wave height

Trms = 5,558 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,954 meter Significant wave height

Ts = 7,7870 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1998</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1806 | 490.276 | 30309.2 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3792 | 4003.150 | 100075.7 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2460 | 5123.986 | 81428.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 630 | 1848.400 | 23376.3 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 11773.8 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 66 | 273.096 | 2746.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 238215 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 6 | 34.851 | 279.5 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,159 meter Root mean square wave height

Trms = 5,215 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,642 meter Significant wave height

Ts = 7,384 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>1999</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1212 | 329.023 | 20340.4 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3216 | 3395.077 | 84874.3 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2784 | 5798.853 | 92153.0 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1254 | 3679.197 | 46529.9 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 14508.9 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 240 | 993.078 | 9986.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 256400 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 54 | 313.661 | 2515.9 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,287 meter Root mean square wave height

Trms = 5,410 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,822 meter Significant wave height

Ts = 7,661 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2000</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1320 | 358.341 | 22152.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3288 | 3471.086 | 86774.5 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2916 | 6073.798 | 96522.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1080 | 3168.686 | 40073.6 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13826.7 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 174 | 719.982 | 7240.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 253043 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 6 | 34.851 | 279.5 | N = Σn | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,225 meter Root mean square wave height

Trms = 5,367 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,777 meter Significant wave height

Ts = 7,600 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2001</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1332 | 361.599 | 22354.3 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3276 | 3458.418 | 86457.8 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2748 | 5723.868 | 90961.3 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1056 | 3098.271 | 39183.1 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 14205.4 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 276 | 1142.040 | 11484.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 253803 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 66 | 383.364 | 3075.0 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 6 | 37.847 | 287.3 | | |

Hrms = 1,273 meter Root mean square wave height

Trms = 5,383 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,803 meter Significant wave height

Ts = 7.622 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2002</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1356 | 368.114 | 22757.1 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3282 | 3464.752 | 86616.2 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2760 | 5748.863 | 91358.6 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1176 | 3450.347 | 43635.7 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13811.7 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 180 | 744.809 | 7490.0 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 252137 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 6 | 34.851 | 279.5 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,256 meter Root mean square wave height

Trms = 5.365 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,778 meter Significant wave height

Ts = 7,597 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2003</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1260 | 342.053 | 21146.0 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3126 | 3300.07 | 82499.1 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2838 | 5911.330 | 93940.4 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1326 | 3890.443 | 49201.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 20153.4 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 1326 | 5486.757 | 55176.0 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 311755 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 204 | 1184.94 | 9504.6 | N = Σn | 10086 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 6 | 37.847 | 287.3 | | |

Hrms = 1,414 meter Root mean square wave height

Trms = 5,560 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 2,002 meter Significant wave height

Ts = 7,872 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2004</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1380 | 374.630 | 23159.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3108 | 3281.063 | 82024.1 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 3072 | 6398.734 | 101686.0 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1050 | 3080.667 | 38960.4 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13875.1 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 162 | 670.328 | 6741.0 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 253130 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 12 | 69.703 | 559.1 | N = Σn | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,257 meter Root mean square wave height

Trms = 5,368 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,780 meter Significant wave height

Ts = 7,601 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2005</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1332 | 361.599 | 22354.3 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3486 | 3680.111 | 92000.0 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2808 | 5848.843 | 92947.4 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 960 | 2816.610 | 35621.0 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13427.1 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 174 | 719.982 | 7240.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 250163 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 0 | 0.000 | 0.0 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,238 meter Root mean square wave height

Trms = 5,344 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,753 meter Significant wave height

Ts = 7,567 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2006</u> | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1182 | 320.878 | 19836.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2688 | 2837.676 | 70939.8 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 3156 | 6573.699 | 104466.5 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1518 | 4453.765 | 56325.6 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15089.8 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 210 | 868.943 | 8738.3 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 260587 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 6 | 34.851 | 279.5 | $N = \Sigma n$ | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,312 meter Root mean square wave height

Trms = 5,454 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,858 meter Significant wave height

Ts = 7,723 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2007</u> | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1266 | 343.682 | 21246.7 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2910 | 3072.04 | 76798.6 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2868 | 5973.818 | 94933.5 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1542 | 4524.180 | 57216.2 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 14643.7 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 168 | 695.155 | 6990.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 257465 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 6 | 34.85 | 279.5 | $N = \Sigma n$ | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,293 meter Root mean square wave height

Trms = 5,421 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,831 meter Significant wave height

Ts = 7.677 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m^2) | T_0^2 (s^2) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2008</u> | |
|-----|----------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 942 | 255.725 | 15809.1 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2706 | 2856.678 | 71414.8 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2952 | 6148.783 | 97713.9 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1746 | 5122.709 | 64785.6 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 16196.3 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 438 | 1812.368 | 18225.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 267949 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 0 | 0.000 | 0.0 | $N = \Sigma n$ | 8784 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,358 meter Root mean square wave height

Trms = 5,523 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,923 meter Significant wave height

Ts = 7.821 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2009</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1092 | 296.446 | 18326.5 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 2868 | 3027.699 | 75690.2 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 3168 | 6598.694 | 104863.7 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 1404 | 4119.292 | 52095.7 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 15005.6 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 216 | 893.770 | 8987.9 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 260523 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 12 | 69.703 | 559.1 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,309 meter Root mean square wave height

Trms = 5,453 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,853 meter Significant wave height

Ts = 7,722 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2010</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 16.783 | 1320 | 358.341 | 22152.9 | | |
| 2 | 1.056 | 26.391 | 3594 | 3794.125 | 94850.2 | | |
| 3 | 2.083 | 33.101 | 2832 | 5898.833 | 93741.8 | | |
| 4 | 2.934 | 37.105 | 882 | 2587.760 | 32726.8 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 13215.3 |
| 5 | 4.138 | 41.611 | 114 | 471.712 | 4743.6 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 249054 |
| 6 | 5.809 | 46.591 | 18 | 104.554 | 838.6 | N = Σn | 8760 |
| 7 | 6.308 | 47.890 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,228 meter Root mean square wave height

Trms = 5,332 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,739 meter Significant wave height

Ts = 7,550 second Significant wave period

| No. | H_0^2 (m ²) | T_0^2 (s ²) | n (Number) | $n \times H_0^2$ | $n \times T_0^2$ | <u>2011</u> | |
|-----|------------------------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------|
| 1 | 0.271 | 23.000 | 834 | 226.407 | 19182.0 | | |
| 2 | 1.056 | 23.000 | 2527 | 2667.711 | 58121.0 | | |
| 3 | 2.083 | 23.000 | 3018 | 6286.256 | 69414.0 | | |
| 4 | 2.934 | 23.000 | 1998 | 5862.070 | 45954.0 | $\Sigma n \times H_0^2$ | 16686.3 |
| 5 | 4.138 | 23.000 | 372 | 1539.271 | 8556.0 | $\Sigma n \times T_0^2$ | 201641 |
| 6 | 5.809 | 23.000 | 18 | 104.554 | 414.0 | N = Σn | 8767 |
| 7 | 6.308 | 23.000 | 0 | 0.000 | 0.0 | | |

Hrms = 1,380 meter Root mean square wave height

Trms = 4,796 second Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter

Hs = 1,954 meter Significant wave height

Ts = 6,791 second Significant wave period

LAMPIRAN D Perkiraan Penambahan Freeboard Tanpa Bullnose

Penambahan freeboard 3,64 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/Hmo | Sm-1,0 | q | keamanan | |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|--------|--------|---------------------|----------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 3.64 | 4.49 | 4.77 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.21 | 0.03 | 0.00 | 0.15 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.48 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.07 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.19 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.94 | 0.03 | 0.00 | 0.22 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 3.90 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.81 | 0.03 | 0.00 | 0.27 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 3.62 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.67 | 0.03 | 0.00 | 0.34 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.33 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.54 | 0.03 | 0.00 | 0.43 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.04 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.41 | 0.03 | 0.00 | 0.56 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 2.75 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.27 | 0.03 | 0.00 | 1.06 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.46 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.14 | 0.03 | 0.00 | 1.41 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.18 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.01 | 0.03 | 0.00 | 1.90 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 1.89 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.87 | 0.03 | 0.00 | 2.54 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.60 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.74 | 0.03 | 0.00 | 3.40 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.31 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.61 | 0.03 | 0.00 | 4.56 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.02 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.47 | 0.03 | 0.01 | 6.11 | tidak aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 0.73 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.34 | 0.03 | 0.01 | 8.19 | tidak aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.45 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.21 | 0.03 | 0.01 | 10.97 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.16 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.07 | 0.03 | 0.01 | 14.69 | tidak aman |

Penambahan freeboard 3,74 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | keamanan | |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|---------------------|----------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 3.74 | 4.49 | 4.87 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.25 | 0.03 | 0.00 | 0.14 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.58 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.12 | 0.03 | 0.00 | 0.17 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.29 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.99 | 0.03 | 0.00 | 0.20 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.00 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.85 | 0.03 | 0.00 | 0.25 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 3.72 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.72 | 0.03 | 0.00 | 0.31 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.43 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.59 | 0.03 | 0.00 | 0.39 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.14 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.45 | 0.03 | 0.00 | 0.51 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 2.85 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.32 | 0.03 | 0.00 | 0.95 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.56 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.19 | 0.03 | 0.00 | 1.28 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.28 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.05 | 0.03 | 0.00 | 1.71 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 1.99 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.92 | 0.03 | 0.00 | 2.29 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.70 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.79 | 0.03 | 0.00 | 3.07 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.41 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.65 | 0.03 | 0.00 | 4.12 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.12 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.52 | 0.03 | 0.01 | 5.52 | tidak aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 0.84 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.39 | 0.03 | 0.01 | 7.39 | tidak aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.55 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.25 | 0.03 | 0.01 | 9.90 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.26 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.12 | 0.03 | 0.01 | 13.27 | tidak aman |

Penambahan freeboard 3,84 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 3.84 | 4.49 | 4.97 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.30 | 0.03 | 0.00 | 0.13 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.68 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.17 | 0.03 | 0.00 | 0.16 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.39 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.03 | 0.03 | 0.00 | 0.19 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.10 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.90 | 0.03 | 0.00 | 0.23 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 3.82 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.77 | 0.03 | 0.00 | 0.29 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.53 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.63 | 0.03 | 0.00 | 0.36 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.24 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.50 | 0.03 | 0.00 | 0.47 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 2.95 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.37 | 0.03 | 0.00 | 0.62 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.66 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.23 | 0.03 | 0.00 | 1.15 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.38 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.10 | 0.03 | 0.00 | 1.55 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.09 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.97 | 0.03 | 0.00 | 2.07 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.80 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.83 | 0.03 | 0.00 | 2.78 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.51 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.70 | 0.03 | 0.00 | 3.72 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.22 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.57 | 0.03 | 0.00 | 4.98 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 0.94 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.43 | 0.03 | 0.01 | 6.68 | tidak aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.65 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.30 | 0.03 | 0.01 | 8.95 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.36 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.17 | 0.03 | 0.01 | 11.99 | tidak aman |

Penambahan freeboard 3,94 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 3.94 | 4.49 | 5.07 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.35 | 0.03 | 0.00 | 0.12 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.78 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.21 | 0.03 | 0.00 | 0.15 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.49 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.08 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.20 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.95 | 0.03 | 0.00 | 0.21 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 3.92 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.81 | 0.03 | 0.00 | 0.26 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.63 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.68 | 0.03 | 0.00 | 0.33 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.34 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.55 | 0.03 | 0.00 | 0.43 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.05 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.41 | 0.03 | 0.00 | 0.56 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.76 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.28 | 0.03 | 0.00 | 1.04 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.48 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.15 | 0.03 | 0.00 | 1.40 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.19 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.01 | 0.03 | 0.00 | 1.87 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.90 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.88 | 0.03 | 0.00 | 2.51 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.61 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.75 | 0.03 | 0.00 | 3.36 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.32 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.61 | 0.03 | 0.00 | 4.50 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.04 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.48 | 0.03 | 0.01 | 6.03 | tidak aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.75 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.35 | 0.03 | 0.01 | 8.08 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.46 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.21 | 0.03 | 0.01 | 10.82 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,04 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.04 | 4.49 | 5.17 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.39 | 0.03 | 0.00 | 0.12 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.88 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.26 | 0.03 | 0.00 | 0.14 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.59 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.13 | 0.03 | 0.00 | 0.16 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.30 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.99 | 0.03 | 0.00 | 0.20 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.02 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.86 | 0.03 | 0.00 | 0.25 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.73 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.73 | 0.03 | 0.00 | 0.31 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.44 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.59 | 0.03 | 0.00 | 0.39 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.15 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.46 | 0.03 | 0.00 | 0.51 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.86 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.33 | 0.03 | 0.00 | 0.94 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.58 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.19 | 0.03 | 0.00 | 1.26 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.29 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.06 | 0.03 | 0.00 | 1.69 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.00 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.93 | 0.03 | 0.00 | 2.26 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.71 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.79 | 0.03 | 0.00 | 3.03 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.42 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.66 | 0.03 | 0.00 | 4.06 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.14 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.53 | 0.03 | 0.01 | 5.45 | tidak aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.85 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.39 | 0.03 | 0.01 | 7.30 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.56 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.26 | 0.03 | 0.01 | 9.78 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,14 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.14 | 4.49 | 5.27 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.44 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.98 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.31 | 0.03 | 0.00 | 0.13 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.69 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.17 | 0.03 | 0.00 | 0.15 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.40 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.04 | 0.03 | 0.00 | 0.19 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.12 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.91 | 0.03 | 0.00 | 0.23 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.83 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.77 | 0.03 | 0.00 | 0.28 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.54 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.64 | 0.03 | 0.00 | 0.36 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.25 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.51 | 0.03 | 0.00 | 0.46 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 2.96 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.37 | 0.03 | 0.00 | 0.61 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.68 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.24 | 0.03 | 0.00 | 1.14 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.39 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.11 | 0.03 | 0.00 | 1.53 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.10 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.97 | 0.03 | 0.00 | 2.04 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.81 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.84 | 0.03 | 0.00 | 2.74 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.52 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.71 | 0.03 | 0.00 | 3.67 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.24 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.57 | 0.03 | 0.00 | 4.92 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 0.95 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.44 | 0.03 | 0.01 | 6.59 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.66 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.31 | 0.03 | 0.01 | 8.83 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,24 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.24 | 4.49 | 5.37 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.49 | 0.03 | 0.00 | 0.10 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.08 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.35 | 0.03 | 0.00 | 0.12 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.79 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.22 | 0.03 | 0.00 | 0.14 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.50 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.09 | 0.03 | 0.00 | 0.17 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.22 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.95 | 0.03 | 0.00 | 0.21 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 3.93 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.82 | 0.03 | 0.00 | 0.26 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.64 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.69 | 0.03 | 0.00 | 0.33 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.35 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.55 | 0.03 | 0.00 | 0.42 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 3.06 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.42 | 0.03 | 0.00 | 0.55 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.78 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.29 | 0.03 | 0.00 | 1.03 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.49 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.15 | 0.03 | 0.00 | 1.38 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.20 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.02 | 0.03 | 0.00 | 1.85 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 1.91 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.89 | 0.03 | 0.00 | 2.47 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.62 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.75 | 0.03 | 0.00 | 3.31 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.34 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.62 | 0.03 | 0.00 | 4.44 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 1.05 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.48 | 0.03 | 0.01 | 5.95 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.76 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.35 | 0.03 | 0.01 | 7.97 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,34 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.34 | 4.49 | 5.47 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.53 | 0.03 | 0.00 | 0.10 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.18 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.40 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.89 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.27 | 0.03 | 0.00 | 0.14 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.60 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.13 | 0.03 | 0.00 | 0.16 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.32 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.00 | 0.03 | 0.00 | 0.20 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 4.03 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.86 | 0.03 | 0.00 | 0.24 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.74 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.73 | 0.03 | 0.00 | 0.30 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.45 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.60 | 0.03 | 0.00 | 0.39 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 3.16 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.46 | 0.03 | 0.00 | 0.50 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.88 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.33 | 0.03 | 0.00 | 0.93 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.59 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.20 | 0.03 | 0.00 | 1.24 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.30 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.06 | 0.03 | 0.00 | 1.67 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.01 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.93 | 0.03 | 0.00 | 2.23 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.72 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.80 | 0.03 | 0.00 | 2.99 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.44 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.66 | 0.03 | 0.00 | 4.01 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 1.15 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.53 | 0.03 | 0.01 | 5.37 | tidak aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.86 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.40 | 0.03 | 0.01 | 7.20 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,44 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.44 | 4.49 | 5.57 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.58 | 0.03 | 0.00 | 0.09 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.28 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.44 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 4.99 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.31 | 0.03 | 0.00 | 0.13 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.70 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.18 | 0.03 | 0.00 | 0.15 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.42 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.04 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 4.13 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.91 | 0.03 | 0.00 | 0.23 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.84 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.78 | 0.03 | 0.00 | 0.28 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.55 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.64 | 0.03 | 0.00 | 0.35 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 3.26 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.51 | 0.03 | 0.00 | 0.46 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 2.98 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.38 | 0.03 | 0.00 | 0.60 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.69 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.24 | 0.03 | 0.00 | 1.12 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.40 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.11 | 0.03 | 0.00 | 1.51 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.11 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.98 | 0.03 | 0.00 | 2.02 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.82 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.84 | 0.03 | 0.00 | 2.70 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.54 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.71 | 0.03 | 0.00 | 3.62 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 1.25 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.58 | 0.03 | 0.00 | 4.85 | aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 0.96 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.44 | 0.03 | 0.01 | 6.50 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,54 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.54 | 4.49 | 5.67 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.62 | 0.03 | 0.00 | 0.09 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.38 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.49 | 0.03 | 0.00 | 0.10 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.09 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.36 | 0.03 | 0.00 | 0.12 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.80 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.22 | 0.03 | 0.00 | 0.14 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.52 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.09 | 0.03 | 0.00 | 0.17 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 4.23 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.96 | 0.03 | 0.00 | 0.21 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.94 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.82 | 0.03 | 0.00 | 0.26 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.65 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.69 | 0.03 | 0.00 | 0.33 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 3.36 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.56 | 0.03 | 0.00 | 0.42 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 3.08 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.42 | 0.03 | 0.00 | 0.54 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.79 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.29 | 0.03 | 0.00 | 1.02 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.50 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.16 | 0.03 | 0.00 | 1.36 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.21 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.02 | 0.03 | 0.00 | 1.82 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 1.92 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.89 | 0.03 | 0.00 | 2.44 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.64 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.76 | 0.03 | 0.00 | 3.27 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 1.35 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.62 | 0.03 | 0.00 | 4.38 | aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 1.06 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.49 | 0.03 | 0.01 | 5.87 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,64 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.64 | 4.49 | 5.77 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.67 | 0.03 | 0.00 | 0.08 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.48 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.54 | 0.03 | 0.00 | 0.10 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.19 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.40 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 4.90 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.27 | 0.03 | 0.00 | 0.13 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.62 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.14 | 0.03 | 0.00 | 0.16 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 4.33 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.00 | 0.03 | 0.00 | 0.20 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 4.04 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.87 | 0.03 | 0.00 | 0.24 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.75 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.74 | 0.03 | 0.00 | 0.30 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 3.46 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.60 | 0.03 | 0.00 | 0.38 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 3.18 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.47 | 0.03 | 0.00 | 0.49 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.89 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.34 | 0.03 | 0.00 | 0.92 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.60 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.20 | 0.03 | 0.00 | 1.23 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.31 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.07 | 0.03 | 0.00 | 1.65 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 2.02 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.94 | 0.03 | 0.00 | 2.21 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.74 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.80 | 0.03 | 0.00 | 2.95 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 1.45 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.67 | 0.03 | 0.00 | 3.96 | aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 1.16 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.54 | 0.03 | 0.01 | 5.30 | tidak aman |

Penambahan freeboard 4,74 m

| no | tahun | land | SLR | tambah | h | Rc | Hmo | g | Tm-1,0 | Rc/hs | Sm-1,0 | q | | keamanan |
|----|-------|------------|-------|-----------|------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|----------|
| | | subsidence | | freeboard | | | | | | | | m3/s/m | l/s/m | |
| 0 | 2024 | 0.28 | 0.008 | 4.74 | 4.49 | 5.87 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.72 | 0.03 | 0.00 | 0.08 | aman |
| 1 | 2025 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.58 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.58 | 0.03 | 0.00 | 0.09 | aman |
| 2 | 2026 | 0.28 | 0.008 | | 4.50 | 5.29 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.45 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | aman |
| 3 | 2027 | 0.28 | 0.008 | | 4.51 | 5.00 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.32 | 0.03 | 0.00 | 0.13 | aman |
| 4 | 2028 | 0.28 | 0.008 | | 4.52 | 4.72 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.18 | 0.03 | 0.00 | 0.15 | aman |
| 5 | 2029 | 0.28 | 0.008 | | 4.53 | 4.43 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 2.05 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | aman |
| 6 | 2030 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 4.14 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.92 | 0.03 | 0.00 | 0.22 | aman |
| 7 | 2031 | 0.28 | 0.008 | | 4.54 | 3.85 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.78 | 0.03 | 0.00 | 0.28 | aman |
| 8 | 2032 | 0.28 | 0.008 | | 4.55 | 3.56 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.65 | 0.03 | 0.00 | 0.35 | aman |
| 9 | 2033 | 0.28 | 0.008 | | 4.56 | 3.28 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.52 | 0.03 | 0.00 | 0.45 | aman |
| 10 | 2034 | 0.28 | 0.008 | | 4.57 | 2.99 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.38 | 0.03 | 0.00 | 0.59 | aman |
| 11 | 2035 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.70 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.25 | 0.03 | 0.00 | 1.11 | aman |
| 12 | 2036 | 0.28 | 0.008 | | 4.58 | 2.41 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 1.12 | 0.03 | 0.00 | 1.49 | aman |
| 13 | 2037 | 0.28 | 0.008 | | 4.59 | 2.12 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.98 | 0.03 | 0.00 | 1.99 | aman |
| 14 | 2038 | 0.28 | 0.008 | | 4.60 | 1.84 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.85 | 0.03 | 0.00 | 2.67 | aman |
| 15 | 2039 | 0.28 | 0.008 | | 4.61 | 1.55 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.72 | 0.03 | 0.00 | 3.58 | aman |
| 16 | 2040 | 0.28 | 0.008 | | 4.62 | 1.26 | 2.16 | 9.81 | 7.171 | 0.58 | 0.03 | 0.00 | 4.79 | aman |

LAMPIRAN E Perkiraan Penambahan Freeboard Dengan Bullnose 60 Derajat

Penambahan freeboard 3,64 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.64 | 4.488 | 4.77 | 1.963 | 4.567 | 0.00015 | 0.15 | 0.12 | 0.2 | 2.428 | 0.481 | 1.526 | 1.448 | 3 | 0.046 | 0.0067 |
| 2025 | | 4.496 | 4.48 | 1.963 | 4.279 | 0.00018 | 0.18 | 0.12 | 0.2 | 2.282 | 0.481 | 1.525 | 1.448 | 3 | 0.047 | 0.0084 |
| 2026 | | 4.504 | 4.19 | 1.963 | 3.991 | 0.00022 | 0.22 | 0.12 | 0.2 | 2.135 | 0.481 | 1.525 | 1.448 | 3 | 0.049 | 0.0105 |
| 2027 | | 4.512 | 3.90 | 1.963 | 3.703 | 0.00027 | 0.27 | 0.12 | 0.2 | 1.988 | 0.480 | 1.525 | 1.447 | 3 | 0.050 | 0.0134 |
| 2028 | | 4.52 | 3.62 | 1.963 | 3.415 | 0.00034 | 0.34 | 0.12 | 0.2 | 1.842 | 0.480 | 1.525 | 1.447 | 2 | 0.107 | 0.04 |
| 2029 | | 4.528 | 3.33 | 1.963 | 3.127 | 0.00043 | 0.43 | 0.12 | 0.2 | 1.695 | 0.480 | 1.524 | 1.447 | 2 | 0.203 | 0.09 |
| 2030 | | 4.536 | 3.04 | 1.963 | 2.839 | 0.00056 | 0.56 | 0.12 | 0.2 | 1.548 | 0.480 | 1.524 | 1.446 | 2 | 0.299 | 0.17 |
| 2031 | | 4.544 | 2.75 | 1.963 | 2.551 | 0.00106 | 1.06 | 0.12 | 0.2 | 1.401 | 0.479 | 1.523 | 1.446 | 2 | 0.395 | 0.42 |
| 2032 | | 4.552 | 2.46 | 1.963 | 2.263 | 0.00141 | 1.41 | 0.12 | 0.2 | 1.255 | 0.479 | 1.523 | 1.445 | 2 | 0.490 | 0.69 |
| 2033 | | 4.56 | 2.18 | 1.963 | 1.975 | 0.00190 | 1.90 | 0.12 | 0.2 | 1.108 | 0.478 | 1.522 | 1.444 | 2 | 0.586 | 1.11 |
| 2034 | | 4.568 | 1.89 | 1.963 | 1.687 | 0.00254 | 2.54 | 0.12 | 0.2 | 0.961 | 0.478 | 1.521 | 1.443 | 2 | 0.682 | 1.73 |
| 2035 | | 4.576 | 1.60 | 1.963 | 1.399 | 0.00340 | 3.40 | 0.12 | 0.2 | 0.815 | 0.477 | 1.519 | 1.442 | 2 | 0.778 | 2.65 |
| 2036 | | 4.584 | 1.31 | 1.963 | 1.111 | 0.00456 | 4.56 | 0.12 | 0.2 | 0.668 | 0.475 | 1.517 | 1.440 | 2 | 0.873 | 3.98 |
| 2037 | | 4.592 | 1.02 | 1.963 | 0.823 | 0.00611 | 6.11 | 0.12 | 0.2 | 0.521 | 0.473 | 1.513 | 1.437 | 2 | 0.968 | 5.92 |
| 2038 | | 4.6 | 0.73 | 1.963 | 0.535 | 0.00819 | 8.19 | 0.12 | 0.2 | 0.374 | 0.469 | 1.507 | 1.431 | 1 | 1.000 | 8.19 |
| 2039 | | 4.608 | 0.45 | 1.963 | 0.247 | 0.01097 | 10.97 | 0.12 | 0.2 | 0.228 | 0.461 | 1.493 | 1.417 | 1 | 1.000 | 10.97 |
| 2040 | | 4.616 | 0.16 | 1.963 | -0.041 | 0.01469 | 14.69 | 0.12 | 0.2 | 0.081 | 0.420 | 1.426 | 1.354 | 1 | 1.000 | 14.69 |

Penambahan Freeboard 3,74 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.74 | 4.488 | 4.87 | 1.963 | 4.667 | 0.00014 | 0.14 | 0.12 | 0.2 | 2.479 | 0.481 | 1.53 | 1.45 | 3 | 0.045 | 0.0063 |
| 2025 | | 4.496 | 4.58 | 1.963 | 4.379 | 0.00017 | 0.17 | 0.12 | 0.2 | 2.333 | 0.481 | 1.53 | 1.45 | 3 | 0.047 | 0.0077 |
| 2026 | | 4.504 | 4.29 | 1.963 | 4.091 | 0.00020 | 0.20 | 0.12 | 0.2 | 2.186 | 0.481 | 1.53 | 1.45 | 3 | 0.048 | 0.0097 |
| 2027 | | 4.512 | 4.00 | 1.963 | 3.803 | 0.00025 | 0.25 | 0.12 | 0.2 | 2.039 | 0.481 | 1.53 | 1.45 | 3 | 0.050 | 0.0123 |
| 2028 | | 4.52 | 3.72 | 1.963 | 3.515 | 0.00031 | 0.31 | 0.12 | 0.2 | 1.893 | 0.480 | 1.52 | 1.45 | 2 | 0.074 | 0.02 |
| 2029 | | 4.528 | 3.43 | 1.963 | 3.227 | 0.00039 | 0.39 | 0.12 | 0.2 | 1.746 | 0.480 | 1.52 | 1.45 | 2 | 0.170 | 0.07 |
| 2030 | | 4.536 | 3.14 | 1.963 | 2.939 | 0.00051 | 0.51 | 0.12 | 0.2 | 1.599 | 0.480 | 1.52 | 1.45 | 2 | 0.266 | 0.14 |
| 2031 | | 4.544 | 2.85 | 1.963 | 2.651 | 0.00095 | 0.95 | 0.12 | 0.2 | 1.452 | 0.480 | 1.52 | 1.45 | 2 | 0.361 | 0.34 |
| 2032 | | 4.552 | 2.56 | 1.963 | 2.363 | 0.00128 | 1.28 | 0.12 | 0.2 | 1.306 | 0.479 | 1.52 | 1.45 | 2 | 0.457 | 0.58 |
| 2033 | | 4.56 | 2.28 | 1.963 | 2.075 | 0.00171 | 1.71 | 0.12 | 0.2 | 1.159 | 0.479 | 1.52 | 1.44 | 2 | 0.553 | 0.95 |
| 2034 | | 4.568 | 1.99 | 1.963 | 1.787 | 0.00229 | 2.29 | 0.12 | 0.2 | 1.012 | 0.478 | 1.52 | 1.44 | 2 | 0.649 | 1.49 |
| 2035 | | 4.576 | 1.70 | 1.963 | 1.499 | 0.00307 | 3.07 | 0.12 | 0.2 | 0.866 | 0.477 | 1.52 | 1.44 | 2 | 0.744 | 2.29 |
| 2036 | | 4.584 | 1.41 | 1.963 | 1.211 | 0.00412 | 4.12 | 0.12 | 0.2 | 0.719 | 0.476 | 1.52 | 1.44 | 2 | 0.840 | 3.46 |
| 2037 | | 4.592 | 1.12 | 1.963 | 0.923 | 0.00552 | 5.52 | 0.12 | 0.2 | 0.572 | 0.474 | 1.51 | 1.44 | 2 | 0.935 | 5.16 |
| 2038 | | 4.6 | 0.84 | 1.963 | 0.635 | 0.00739 | 7.39 | 0.12 | 0.2 | 0.425 | 0.471 | 1.51 | 1.43 | 1 | 1.000 | 7.39 |
| 2039 | | 4.608 | 0.55 | 1.963 | 0.347 | 0.00990 | 9.90 | 0.12 | 0.2 | 0.279 | 0.465 | 1.50 | 1.42 | 1 | 1.000 | 9.90 |
| 2040 | | 4.616 | 0.26 | 1.963 | 0.059 | 0.01327 | 13.27 | 0.12 | 0.2 | 0.132 | 0.444 | 1.47 | 1.39 | 1 | 1.000 | 13.27 |

LAMPIRAN F Perkiraan Penambahan Freeboard Dengan Bullnose 30 Derajat

Penambahan freeboard 3,64 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.64 | 4.488 | 4.77 | 1.963 | 4.567 | 0.00015 | 0.15 | 0.35 | 0.2 | 2.428 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0055 |
| 2025 | | 4.496 | 4.48 | 1.963 | 4.279 | 0.00018 | 0.18 | 0.35 | 0.2 | 2.282 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.039 | 0.0069 |
| 2026 | | 4.504 | 4.19 | 1.963 | 3.991 | 0.00022 | 0.22 | 0.35 | 0.2 | 2.135 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.0087 |
| 2027 | | 4.512 | 3.90 | 1.963 | 3.703 | 0.00027 | 0.27 | 0.35 | 0.2 | 1.988 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.0111 |
| 2028 | | 4.52 | 3.62 | 1.963 | 3.415 | 0.00034 | 0.34 | 0.35 | 0.2 | 1.842 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.0145 |
| 2029 | | 4.528 | 3.33 | 1.963 | 3.127 | 0.00043 | 0.43 | 0.35 | 0.2 | 1.695 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2030 | | 4.536 | 3.04 | 1.963 | 2.839 | 0.00056 | 0.56 | 0.35 | 0.2 | 1.548 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2031 | | 4.544 | 2.75 | 1.963 | 2.551 | 0.00106 | 1.06 | 0.35 | 0.2 | 1.401 | 0.191 | 0.961 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.05 |
| 2032 | | 4.552 | 2.46 | 1.963 | 2.263 | 0.00141 | 1.41 | 0.35 | 0.2 | 1.255 | 0.190 | 0.960 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.07 |
| 2033 | | 4.56 | 2.18 | 1.963 | 1.975 | 0.00190 | 1.90 | 0.35 | 0.2 | 1.108 | 0.190 | 0.958 | 0.910 | 3 | 0.050 | 0.10 |
| 2034 | | 4.568 | 1.89 | 1.963 | 1.687 | 0.00254 | 2.54 | 0.35 | 0.2 | 0.961 | 0.189 | 0.957 | 0.908 | 2 | 0.193 | 0.49 |
| 2035 | | 4.576 | 1.60 | 1.963 | 1.399 | 0.00340 | 3.40 | 0.35 | 0.2 | 0.815 | 0.188 | 0.954 | 0.906 | 2 | 0.343 | 1.17 |
| 2036 | | 4.584 | 1.31 | 1.963 | 1.111 | 0.00456 | 4.56 | 0.35 | 0.2 | 0.668 | 0.187 | 0.951 | 0.903 | 2 | 0.494 | 2.25 |
| 2037 | | 4.592 | 1.02 | 1.963 | 0.823 | 0.00611 | 6.11 | 0.35 | 0.2 | 0.521 | 0.185 | 0.945 | 0.897 | 2 | 0.644 | 3.93 |
| 2038 | | 4.6 | 0.73 | 1.963 | 0.535 | 0.00819 | 8.19 | 0.35 | 0.2 | 0.374 | 0.181 | 0.935 | 0.888 | 2 | 0.793 | 6.49 |
| 2039 | | 4.608 | 0.45 | 1.963 | 0.247 | 0.01097 | 10.97 | 0.35 | 0.2 | 0.228 | 0.172 | 0.912 | 0.866 | 2 | 0.939 | 10.30 |
| 2040 | | 4.616 | 0.16 | 1.963 | -0.041 | 0.01469 | 14.69 | 0.35 | 0.2 | 0.081 | 0.131 | 0.798 | 0.757 | 1 | 1.000 | 14.69 |

Penambahan freeboard 3,74 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.74 | 4.488 | 4.87 | 1.963 | 4.667 | 0.00014 | 0.14 | 0.35 | 0.2 | 2.479 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0051 |
| 2025 | | 4.496 | 4.58 | 1.963 | 4.379 | 0.00017 | 0.17 | 0.35 | 0.2 | 2.333 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.038 | 0.0063 |
| 2026 | | 4.504 | 4.29 | 1.963 | 4.091 | 0.00020 | 0.20 | 0.35 | 0.2 | 2.186 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.0080 |
| 2027 | | 4.512 | 4.00 | 1.963 | 3.803 | 0.00025 | 0.25 | 0.35 | 0.2 | 2.039 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.041 | 0.0102 |
| 2028 | | 4.52 | 3.72 | 1.963 | 3.515 | 0.00031 | 0.31 | 0.35 | 0.2 | 1.893 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 3.43 | 1.963 | 3.227 | 0.00039 | 0.39 | 0.35 | 0.2 | 1.746 | 0.191 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.044 | 0.02 |
| 2030 | | 4.536 | 3.14 | 1.963 | 2.939 | 0.00051 | 0.51 | 0.35 | 0.2 | 1.599 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.0233 |
| 2031 | | 4.544 | 2.85 | 1.963 | 2.651 | 0.00095 | 0.95 | 0.35 | 0.2 | 1.452 | 0.191 | 0.961 | 0.913 | 3 | 0.047 | 0.04 |
| 2032 | | 4.552 | 2.56 | 1.963 | 2.363 | 0.00128 | 1.28 | 0.35 | 0.2 | 1.306 | 0.190 | 0.960 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.06 |
| 2033 | | 4.56 | 2.28 | 1.963 | 2.075 | 0.00171 | 1.71 | 0.35 | 0.2 | 1.159 | 0.190 | 0.959 | 0.910 | 3 | 0.050 | 0.09 |
| 2034 | | 4.568 | 1.99 | 1.963 | 1.787 | 0.00229 | 2.29 | 0.35 | 0.2 | 1.012 | 0.189 | 0.957 | 0.909 | 2 | 0.140 | 0.32 |
| 2035 | | 4.576 | 1.70 | 1.963 | 1.499 | 0.00307 | 3.07 | 0.35 | 0.2 | 0.866 | 0.188 | 0.955 | 0.907 | 2 | 0.291 | 0.89 |
| 2036 | | 4.584 | 1.41 | 1.963 | 1.211 | 0.00412 | 4.12 | 0.35 | 0.2 | 0.719 | 0.187 | 0.952 | 0.904 | 2 | 0.442 | 1.82 |
| 2037 | | 4.592 | 1.12 | 1.963 | 0.923 | 0.00552 | 5.52 | 0.35 | 0.2 | 0.572 | 0.185 | 0.947 | 0.900 | 2 | 0.592 | 3.27 |
| 2038 | | 4.6 | 0.84 | 1.963 | 0.635 | 0.00739 | 7.39 | 0.35 | 0.2 | 0.425 | 0.182 | 0.939 | 0.892 | 2 | 0.741 | 5.48 |
| 2039 | | 4.608 | 0.55 | 1.963 | 0.347 | 0.00990 | 9.90 | 0.35 | 0.2 | 0.279 | 0.176 | 0.923 | 0.877 | 2 | 0.889 | 8.80 |
| 2040 | | 4.616 | 0.26 | 1.963 | 0.059 | 0.01327 | 13.27 | 0.35 | 0.2 | 0.132 | 0.156 | 0.868 | 0.824 | 1 | 1.000 | 13.27 |

Penambahan freeboard 3,84 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.84 | 4.488 | 4.97 | 1.963 | 4.767 | 0.00013 | 0.13 | 0.35 | 0.2 | 2.530 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.036 | 0.0047 |
| 2025 | | 4.496 | 4.68 | 1.963 | 4.479 | 0.00016 | 0.16 | 0.35 | 0.2 | 2.384 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.038 | 0.0059 |
| 2026 | | 4.504 | 4.39 | 1.963 | 4.191 | 0.00019 | 0.19 | 0.35 | 0.2 | 2.237 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.039 | 0.0074 |
| 2027 | | 4.512 | 4.10 | 1.963 | 3.903 | 0.00023 | 0.23 | 0.35 | 0.2 | 2.090 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.041 | 0.0094 |
| 2028 | | 4.52 | 3.82 | 1.963 | 3.615 | 0.00029 | 0.29 | 0.35 | 0.2 | 1.943 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 3.53 | 1.963 | 3.327 | 0.00036 | 0.36 | 0.35 | 0.2 | 1.797 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.044 | 0.02 |
| 2030 | | 4.536 | 3.24 | 1.963 | 3.039 | 0.00047 | 0.47 | 0.35 | 0.2 | 1.650 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2031 | | 4.544 | 2.95 | 1.963 | 2.751 | 0.00062 | 0.62 | 0.35 | 0.2 | 1.503 | 0.191 | 0.961 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2032 | | 4.552 | 2.66 | 1.963 | 2.463 | 0.00115 | 1.15 | 0.35 | 0.2 | 1.357 | 0.191 | 0.960 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.06 |
| 2033 | | 4.56 | 2.38 | 1.963 | 2.175 | 0.00155 | 1.55 | 0.35 | 0.2 | 1.210 | 0.190 | 0.959 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.08 |
| 2034 | | 4.568 | 2.09 | 1.963 | 1.887 | 0.00207 | 2.07 | 0.35 | 0.2 | 1.063 | 0.190 | 0.958 | 0.909 | 2 | 0.088 | 0.18 |
| 2035 | | 4.576 | 1.80 | 1.963 | 1.599 | 0.00278 | 2.78 | 0.35 | 0.2 | 0.916 | 0.189 | 0.956 | 0.908 | 2 | 0.239 | 0.66 |
| 2036 | | 4.584 | 1.51 | 1.963 | 1.311 | 0.00372 | 3.72 | 0.35 | 0.2 | 0.770 | 0.188 | 0.953 | 0.905 | 2 | 0.389 | 1.45 |
| 2037 | | 4.592 | 1.22 | 1.963 | 1.023 | 0.00498 | 4.98 | 0.35 | 0.2 | 0.623 | 0.186 | 0.949 | 0.901 | 2 | 0.540 | 2.69 |
| 2038 | | 4.6 | 0.94 | 1.963 | 0.735 | 0.00668 | 6.68 | 0.35 | 0.2 | 0.476 | 0.184 | 0.943 | 0.895 | 2 | 0.690 | 4.60 |
| 2039 | | 4.608 | 0.65 | 1.963 | 0.447 | 0.00895 | 8.95 | 0.35 | 0.2 | 0.330 | 0.179 | 0.930 | 0.884 | 2 | 0.838 | 7.50 |
| 2040 | | 4.616 | 0.36 | 1.963 | 0.159 | 0.01199 | 11.99 | 0.35 | 0.2 | 0.183 | 0.166 | 0.898 | 0.852 | 2 | 0.982 | 11.77 |

Penambahan freeboard 4,04 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 4.04 | 4.488 | 5.17 | 1.963 | 4.967 | 0.00012 | 0.12 | 0.35 | 0.2 | 2.632 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.035 | 0.0041 |
| 2025 | | 4.496 | 4.88 | 1.963 | 4.679 | 0.00014 | 0.14 | 0.35 | 0.2 | 2.485 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0050 |
| 2026 | | 4.504 | 4.59 | 1.963 | 4.391 | 0.00016 | 0.16 | 0.35 | 0.2 | 2.339 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.038 | 0.0063 |
| 2027 | | 4.512 | 4.30 | 1.963 | 4.103 | 0.00020 | 0.20 | 0.35 | 0.2 | 2.192 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.0079 |
| 2028 | | 4.52 | 4.02 | 1.963 | 3.815 | 0.00025 | 0.25 | 0.35 | 0.2 | 2.045 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.041 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 3.73 | 1.963 | 3.527 | 0.00031 | 0.31 | 0.35 | 0.2 | 1.899 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.01 |
| 2030 | | 4.536 | 3.44 | 1.963 | 3.239 | 0.00039 | 0.39 | 0.35 | 0.2 | 1.752 | 0.191 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.044 | 0.02 |
| 2031 | | 4.544 | 3.15 | 1.963 | 2.951 | 0.00051 | 0.51 | 0.35 | 0.2 | 1.605 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2032 | | 4.552 | 2.86 | 1.963 | 2.663 | 0.00094 | 0.94 | 0.35 | 0.2 | 1.458 | 0.191 | 0.961 | 0.913 | 3 | 0.047 | 0.04 |
| 2033 | | 4.56 | 2.58 | 1.963 | 2.375 | 0.00126 | 1.26 | 0.35 | 0.2 | 1.312 | 0.190 | 0.960 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.06 |
| 2034 | | 4.568 | 2.29 | 1.963 | 2.087 | 0.00169 | 1.69 | 0.35 | 0.2 | 1.165 | 0.190 | 0.959 | 0.910 | 3 | 0.050 | 0.08 |
| 2035 | | 4.576 | 2.00 | 1.963 | 1.799 | 0.00226 | 2.26 | 0.35 | 0.2 | 1.018 | 0.189 | 0.957 | 0.909 | 2 | 0.134 | 0.30 |
| 2036 | | 4.584 | 1.71 | 1.963 | 1.511 | 0.00303 | 3.03 | 0.35 | 0.2 | 0.872 | 0.188 | 0.955 | 0.907 | 2 | 0.285 | 0.86 |
| 2037 | | 4.592 | 1.42 | 1.963 | 1.223 | 0.00406 | 4.06 | 0.35 | 0.2 | 0.725 | 0.187 | 0.952 | 0.904 | 2 | 0.435 | 1.77 |
| 2038 | | 4.6 | 1.14 | 1.963 | 0.935 | 0.00545 | 5.45 | 0.35 | 0.2 | 0.578 | 0.186 | 0.948 | 0.900 | 2 | 0.586 | 3.19 |
| 2039 | | 4.608 | 0.85 | 1.963 | 0.647 | 0.00730 | 7.30 | 0.35 | 0.2 | 0.431 | 0.183 | 0.940 | 0.892 | 2 | 0.735 | 5.36 |
| 2040 | | 4.616 | 0.56 | 1.963 | 0.359 | 0.00978 | 9.78 | 0.35 | 0.2 | 0.285 | 0.176 | 0.924 | 0.877 | 2 | 0.883 | 8.63 |

Penambahan freeboard 3,94 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 3.94 | 4.488 | 5.07 | 1.963 | 4.867 | 0.00012 | 0.12 | 0.35 | 0.2 | 2.581 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.036 | 0.0044 |
| 2025 | | 4.496 | 4.78 | 1.963 | 4.579 | 0.00015 | 0.15 | 0.35 | 0.2 | 2.435 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0054 |
| 2026 | | 4.504 | 4.49 | 1.963 | 4.291 | 0.00018 | 0.18 | 0.35 | 0.2 | 2.288 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.039 | 0.0068 |
| 2027 | | 4.512 | 4.20 | 1.963 | 4.003 | 0.00021 | 0.21 | 0.35 | 0.2 | 2.141 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.0086 |
| 2028 | | 4.52 | 3.92 | 1.963 | 3.715 | 0.00026 | 0.26 | 0.35 | 0.2 | 1.994 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 3.63 | 1.963 | 3.427 | 0.00033 | 0.33 | 0.35 | 0.2 | 1.848 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.01 |
| 2030 | | 4.536 | 3.34 | 1.963 | 3.139 | 0.00043 | 0.43 | 0.35 | 0.2 | 1.701 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2031 | | 4.544 | 3.05 | 1.963 | 2.851 | 0.00056 | 0.56 | 0.35 | 0.2 | 1.554 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2032 | | 4.552 | 2.76 | 1.963 | 2.563 | 0.00104 | 1.04 | 0.35 | 0.2 | 1.408 | 0.191 | 0.961 | 0.912 | 3 | 0.047 | 0.05 |
| 2033 | | 4.56 | 2.48 | 1.963 | 2.275 | 0.00140 | 1.40 | 0.35 | 0.2 | 1.261 | 0.190 | 0.960 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.07 |
| 2034 | | 4.568 | 2.19 | 1.963 | 1.987 | 0.00187 | 1.87 | 0.35 | 0.2 | 1.114 | 0.190 | 0.958 | 0.910 | 3 | 0.050 | 0.09 |
| 2035 | | 4.576 | 1.90 | 1.963 | 1.699 | 0.00251 | 2.51 | 0.35 | 0.2 | 0.967 | 0.189 | 0.957 | 0.908 | 2 | 0.186 | 0.47 |
| 2036 | | 4.584 | 1.61 | 1.963 | 1.411 | 0.00336 | 3.36 | 0.35 | 0.2 | 0.821 | 0.188 | 0.954 | 0.906 | 2 | 0.337 | 1.13 |
| 2037 | | 4.592 | 1.32 | 1.963 | 1.123 | 0.00450 | 4.50 | 0.35 | 0.2 | 0.674 | 0.187 | 0.951 | 0.903 | 2 | 0.488 | 2.19 |
| 2038 | | 4.6 | 1.04 | 1.963 | 0.835 | 0.00603 | 6.03 | 0.35 | 0.2 | 0.527 | 0.185 | 0.945 | 0.898 | 2 | 0.638 | 3.84 |
| 2039 | | 4.608 | 0.75 | 1.963 | 0.547 | 0.00808 | 8.08 | 0.35 | 0.2 | 0.381 | 0.181 | 0.936 | 0.889 | 2 | 0.787 | 6.36 |
| 2040 | | 4.616 | 0.46 | 1.963 | 0.259 | 0.01082 | 10.82 | 0.35 | 0.2 | 0.234 | 0.173 | 0.914 | 0.868 | 2 | 0.933 | 10.10 |

Penambahan freeboard 4,14 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m3/s/m | l/s/m | | | | | | | | | q |
| 2024 | 4.14 | 4.488 | 5.27 | 1.963 | 5.067 | 0.00011 | 0.11 | 0.35 | 0.2 | 2.683 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.035 | 0.0038 |
| 2025 | | 4.496 | 4.98 | 1.963 | 4.779 | 0.00013 | 0.13 | 0.35 | 0.2 | 2.536 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.036 | 0.0047 |
| 2026 | | 4.504 | 4.69 | 1.963 | 4.491 | 0.00015 | 0.15 | 0.35 | 0.2 | 2.390 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.038 | 0.0058 |
| 2027 | | 4.512 | 4.40 | 1.963 | 4.203 | 0.00019 | 0.19 | 0.35 | 0.2 | 2.243 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.039 | 0.0073 |
| 2028 | | 4.52 | 4.12 | 1.963 | 3.915 | 0.00023 | 0.23 | 0.35 | 0.2 | 2.096 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.041 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 3.83 | 1.963 | 3.627 | 0.00028 | 0.28 | 0.35 | 0.2 | 1.950 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.01 |
| 2030 | | 4.536 | 3.54 | 1.963 | 3.339 | 0.00036 | 0.36 | 0.35 | 0.2 | 1.803 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.044 | 0.02 |
| 2031 | | 4.544 | 3.25 | 1.963 | 3.051 | 0.00046 | 0.46 | 0.35 | 0.2 | 1.656 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2032 | | 4.552 | 2.96 | 1.963 | 2.763 | 0.00061 | 0.61 | 0.35 | 0.2 | 1.509 | 0.191 | 0.961 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2033 | | 4.56 | 2.68 | 1.963 | 2.475 | 0.00114 | 1.14 | 0.35 | 0.2 | 1.363 | 0.191 | 0.960 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.05 |
| 2034 | | 4.568 | 2.39 | 1.963 | 2.187 | 0.00153 | 1.53 | 0.35 | 0.2 | 1.216 | 0.190 | 0.959 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.08 |
| 2035 | | 4.576 | 2.10 | 1.963 | 1.899 | 0.00204 | 2.04 | 0.35 | 0.2 | 1.069 | 0.190 | 0.958 | 0.910 | 2 | 0.082 | 0.17 |
| 2036 | | 4.584 | 1.81 | 1.963 | 1.611 | 0.00274 | 2.74 | 0.35 | 0.2 | 0.923 | 0.189 | 0.956 | 0.908 | 2 | 0.232 | 0.64 |
| 2037 | | 4.592 | 1.52 | 1.963 | 1.323 | 0.00367 | 3.67 | 0.35 | 0.2 | 0.776 | 0.188 | 0.953 | 0.905 | 2 | 0.383 | 1.41 |
| 2038 | | 4.6 | 1.24 | 1.963 | 1.035 | 0.00492 | 4.92 | 0.35 | 0.2 | 0.629 | 0.186 | 0.949 | 0.901 | 2 | 0.534 | 2.62 |
| 2039 | | 4.608 | 0.95 | 1.963 | 0.747 | 0.00659 | 6.59 | 0.35 | 0.2 | 0.482 | 0.184 | 0.943 | 0.896 | 2 | 0.683 | 4.50 |
| 2040 | | 4.616 | 0.66 | 1.963 | 0.459 | 0.00883 | 8.83 | 0.35 | 0.2 | 0.336 | 0.179 | 0.931 | 0.884 | 2 | 0.832 | 7.34 |

Penambahan freeboard 4,24 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m3/s/m | l/s/m | | | | | | | | | q |
| 2024 | 4.24 | 4.488 | 5.37 | 1.963 | 5.167 | 0.00010 | 0.10 | 0.35 | 0.2 | 2.734 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.034 | 0.0035 |
| 2025 | | 4.496 | 5.08 | 1.963 | 4.879 | 0.00012 | 0.12 | 0.35 | 0.2 | 2.587 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.036 | 0.0043 |
| 2026 | | 4.504 | 4.79 | 1.963 | 4.591 | 0.00014 | 0.14 | 0.35 | 0.2 | 2.441 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0054 |
| 2027 | | 4.512 | 4.50 | 1.963 | 4.303 | 0.00017 | 0.17 | 0.35 | 0.2 | 2.294 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.039 | 0.0067 |
| 2028 | | 4.52 | 4.22 | 1.963 | 4.015 | 0.00021 | 0.21 | 0.35 | 0.2 | 2.147 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 3.93 | 1.963 | 3.727 | 0.00026 | 0.26 | 0.35 | 0.2 | 2.001 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.01 |
| 2030 | | 4.536 | 3.64 | 1.963 | 3.439 | 0.00033 | 0.33 | 0.35 | 0.2 | 1.854 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.01 |
| 2031 | | 4.544 | 3.35 | 1.963 | 3.151 | 0.00042 | 0.42 | 0.35 | 0.2 | 1.707 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.044 | 0.02 |
| 2032 | | 4.552 | 3.06 | 1.963 | 2.863 | 0.00055 | 0.55 | 0.35 | 0.2 | 1.560 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2033 | | 4.56 | 2.78 | 1.963 | 2.575 | 0.00103 | 1.03 | 0.35 | 0.2 | 1.414 | 0.191 | 0.961 | 0.912 | 3 | 0.047 | 0.05 |
| 2034 | | 4.568 | 2.49 | 1.963 | 2.287 | 0.00138 | 1.38 | 0.35 | 0.2 | 1.267 | 0.190 | 0.960 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.07 |
| 2035 | | 4.576 | 2.20 | 1.963 | 1.999 | 0.00185 | 1.85 | 0.35 | 0.2 | 1.120 | 0.190 | 0.958 | 0.910 | 3 | 0.050 | 0.09 |
| 2036 | | 4.584 | 1.91 | 1.963 | 1.711 | 0.00247 | 2.47 | 0.35 | 0.2 | 0.974 | 0.189 | 0.957 | 0.908 | 2 | 0.180 | 0.45 |
| 2037 | | 4.592 | 1.62 | 1.963 | 1.423 | 0.00331 | 3.31 | 0.35 | 0.2 | 0.827 | 0.188 | 0.954 | 0.906 | 2 | 0.331 | 1.10 |
| 2038 | | 4.6 | 1.34 | 1.963 | 1.135 | 0.00444 | 4.44 | 0.35 | 0.2 | 0.680 | 0.187 | 0.951 | 0.903 | 2 | 0.481 | 2.14 |
| 2039 | | 4.608 | 1.05 | 1.963 | 0.847 | 0.00595 | 5.95 | 0.35 | 0.2 | 0.533 | 0.185 | 0.946 | 0.898 | 2 | 0.631 | 3.76 |
| 2040 | | 4.616 | 0.76 | 1.963 | 0.559 | 0.00797 | 7.97 | 0.35 | 0.2 | 0.387 | 0.181 | 0.936 | 0.889 | 2 | 0.781 | 6.22 |

Penambahan freeboard 4,34 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m3/s/m | l/s/m | | | | | | | | | q |
| 2024 | 4.34 | 4.488 | 5.47 | 1.963 | 5.267 | 0.00010 | 0.10 | 0.35 | 0.2 | 2.785 | 0.193 | 0.965 | 0.917 | 3 | 0.034 | 0.0033 |
| 2025 | | 4.496 | 5.18 | 1.963 | 4.979 | 0.00011 | 0.11 | 0.35 | 0.2 | 2.638 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.035 | 0.0040 |
| 2026 | | 4.504 | 4.89 | 1.963 | 4.691 | 0.00014 | 0.14 | 0.35 | 0.2 | 2.492 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.037 | 0.0050 |
| 2027 | | 4.512 | 4.60 | 1.963 | 4.403 | 0.00016 | 0.16 | 0.35 | 0.2 | 2.345 | 0.192 | 0.964 | 0.916 | 3 | 0.038 | 0.0062 |
| 2028 | | 4.52 | 4.32 | 1.963 | 4.115 | 0.00020 | 0.20 | 0.35 | 0.2 | 2.198 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.040 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 4.03 | 1.963 | 3.827 | 0.00024 | 0.24 | 0.35 | 0.2 | 2.051 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.041 | 0.01 |
| 2030 | | 4.536 | 3.74 | 1.963 | 3.539 | 0.00030 | 0.30 | 0.35 | 0.2 | 1.905 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.043 | 0.01 |
| 2031 | | 4.544 | 3.45 | 1.963 | 3.251 | 0.00039 | 0.39 | 0.35 | 0.2 | 1.758 | 0.191 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.044 | 0.02 |
| 2032 | | 4.552 | 3.16 | 1.963 | 2.963 | 0.00050 | 0.50 | 0.35 | 0.2 | 1.611 | 0.191 | 0.962 | 0.913 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2033 | | 4.56 | 2.88 | 1.963 | 2.675 | 0.00093 | 0.93 | 0.35 | 0.2 | 1.465 | 0.191 | 0.961 | 0.913 | 3 | 0.047 | 0.04 |
| 2034 | | 4.568 | 2.59 | 1.963 | 2.387 | 0.00124 | 1.24 | 0.35 | 0.2 | 1.318 | 0.190 | 0.960 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.06 |
| 2035 | | 4.576 | 2.30 | 1.963 | 2.099 | 0.00167 | 1.67 | 0.35 | 0.2 | 1.171 | 0.190 | 0.959 | 0.911 | 3 | 0.050 | 0.08 |
| 2036 | | 4.584 | 2.01 | 1.963 | 1.811 | 0.00223 | 2.23 | 0.35 | 0.2 | 1.024 | 0.189 | 0.957 | 0.909 | 2 | 0.128 | 0.29 |
| 2037 | | 4.592 | 1.72 | 1.963 | 1.523 | 0.00299 | 2.99 | 0.35 | 0.2 | 0.878 | 0.189 | 0.955 | 0.907 | 2 | 0.279 | 0.83 |
| 2038 | | 4.6 | 1.44 | 1.963 | 1.235 | 0.00401 | 4.01 | 0.35 | 0.2 | 0.731 | 0.187 | 0.952 | 0.904 | 2 | 0.429 | 1.72 |
| 2039 | | 4.608 | 1.15 | 1.963 | 0.947 | 0.00537 | 5.37 | 0.35 | 0.2 | 0.584 | 0.186 | 0.948 | 0.900 | 2 | 0.579 | 3.11 |
| 2040 | | 4.616 | 0.86 | 1.963 | 0.659 | 0.00720 | 7.20 | 0.35 | 0.2 | 0.438 | 0.183 | 0.940 | 0.893 | 2 | 0.729 | 5.25 |

Penambahan freeboard 4,44 m

| tahun | tambah | h | Rc | Hs | Pc (Pr) | q | | Br | hr | Rc/Hs | r*0 | m | m* | rumus | k | q |
|-------|-----------|-------|------|-------|---------|---------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | freeboard | | | | | m ³ /s/m | l/s/m | | | | | | | | | |
| 2024 | 4.44 | 4.488 | 5.57 | 1.963 | 5.367 | 0.00009 | 0.09 | 0.35 | 0.2 | 2.836 | 0.193 | 0.965 | 0.917 | 3 | 0.033 | 0.0031 |
| 2025 | | 4.496 | 5.28 | 1.963 | 5.079 | 0.00011 | 0.11 | 0.35 | 0.2 | 2.689 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.035 | 0.0038 |
| 2026 | | 4.504 | 4.99 | 1.963 | 4.791 | 0.00013 | 0.13 | 0.35 | 0.2 | 2.543 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.036 | 0.0046 |
| 2027 | | 4.512 | 4.70 | 1.963 | 4.503 | 0.00015 | 0.15 | 0.35 | 0.2 | 2.396 | 0.192 | 0.965 | 0.916 | 3 | 0.038 | 0.0057 |
| 2028 | | 4.52 | 4.42 | 1.963 | 4.215 | 0.00018 | 0.18 | 0.35 | 0.2 | 2.249 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.039 | 0.01 |
| 2029 | | 4.528 | 4.13 | 1.963 | 3.927 | 0.00023 | 0.23 | 0.35 | 0.2 | 2.102 | 0.192 | 0.964 | 0.915 | 3 | 0.041 | 0.01 |
| 2030 | | 4.536 | 3.84 | 1.963 | 3.639 | 0.00028 | 0.28 | 0.35 | 0.2 | 1.956 | 0.192 | 0.963 | 0.915 | 3 | 0.042 | 0.01 |
| 2031 | | 4.544 | 3.55 | 1.963 | 3.351 | 0.00035 | 0.35 | 0.35 | 0.2 | 1.809 | 0.192 | 0.963 | 0.914 | 3 | 0.043 | 0.02 |
| 2032 | | 4.552 | 3.26 | 1.963 | 3.063 | 0.00046 | 0.46 | 0.35 | 0.2 | 1.662 | 0.191 | 0.962 | 0.914 | 3 | 0.045 | 0.02 |
| 2033 | | 4.56 | 2.98 | 1.963 | 2.775 | 0.00060 | 0.60 | 0.35 | 0.2 | 1.516 | 0.191 | 0.961 | 0.913 | 3 | 0.046 | 0.03 |
| 2034 | | 4.568 | 2.69 | 1.963 | 2.487 | 0.00112 | 1.12 | 0.35 | 0.2 | 1.369 | 0.191 | 0.961 | 0.912 | 3 | 0.048 | 0.05 |
| 2035 | | 4.576 | 2.40 | 1.963 | 2.199 | 0.00151 | 1.51 | 0.35 | 0.2 | 1.222 | 0.190 | 0.959 | 0.911 | 3 | 0.049 | 0.07 |
| 2036 | | 4.584 | 2.11 | 1.963 | 1.911 | 0.00202 | 2.02 | 0.35 | 0.2 | 1.075 | 0.190 | 0.958 | 0.910 | 2 | 0.075 | 0.15 |
| 2037 | | 4.592 | 1.82 | 1.963 | 1.623 | 0.00270 | 2.70 | 0.35 | 0.2 | 0.929 | 0.189 | 0.956 | 0.908 | 2 | 0.226 | 0.61 |
| 2038 | | 4.6 | 1.54 | 1.963 | 1.335 | 0.00362 | 3.62 | 0.35 | 0.2 | 0.782 | 0.188 | 0.953 | 0.905 | 2 | 0.377 | 1.37 |
| 2039 | | 4.608 | 1.25 | 1.963 | 1.047 | 0.00485 | 4.85 | 0.35 | 0.2 | 0.635 | 0.186 | 0.950 | 0.902 | 2 | 0.527 | 2.56 |
| 2040 | | 4.616 | 0.96 | 1.963 | 0.759 | 0.00650 | 6.50 | 0.35 | 0.2 | 0.489 | 0.184 | 0.943 | 0.896 | 2 | 0.677 | 4.40 |

LAMPIRAN G Berita Acara Wawancara Kementerian PUPR



PENELITIAN TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

BERITA ACARA WAWANCARA

Pada hari ini

Telah dilaksanakan wawancara yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan

Untuk memenuhi mata kuliah Tugas Akhir

Tempat : Vincentius Her Kantor SUVT PTPIN
Nama Narasumber : Vincentius Herdy Bayu Asri
Jabatan : PPK Perencanaan PTPIN

Pihak pewawancara melakukan wawancara dengan pihak narasumber yang berkaitan dengan tema penelitian. Wawancara dilaksanakan di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Narasumber memberikan jawaban terkait pertanyaan yang diajukan oleh pewawancara. Pertanyaan yang diajukan serta hasil wawancara terlampir.

Mengetahui,
Jakarta, 8 JANUARI 2019

Peneliti

Budhi Wicaksono Nugroho
NRP 0431154000076

Narasumber

(V. HERDY BAYU A.)

Pertanyaan

1. Mengapa seawall NCICD fase a perlu dibangun?

Jawab: melindungi dari banjir rob akibat settlement dan land subsidence

2. Di kawasan mana seawall NCICD fase a mulai dibangun?

Jawab: 2014 di Pluit 75 m panjang
2015 ~ 2018 di Pluit

3. Kapan seawall NCICD fase a mulai dibangun?

Jawab: Pluit

4. Daerah mana yang paling rentan terhadap masalah pesisir (overtopping, overflowing, banjir rob)?

Jawab: Jakarta barat Calibata land subsidence

5. Bagaimana cara NCICD dalam menyelesaikan masalah yang terjadi?

Jawab: banjir rob → tanggul

land subsidence → pempek banyuh ~~sempai~~ Sambungan PDAM

overtopping → bikin seawall

6. Seberapa besar ketinggian gelombang yang tercatat di seawall NCICD fase A (kawasan pluit)?

Jawab: sedang dicari

7. Berapa besar ketinggian pasang surut di daerah NCICD (kawasan pluit)?

Jawab: ada di data

8. Apakah pernah terjadi overtopping di seawall NCICD fase A?

Jawab: di NCICD belum terjadi

tanggul existing sudah

9. Seberapa besar overtopping yang terjadi pada seawall NCICD fase A?

Jawab: belum pernah terjadi (NCICD)
existing sudah

10. Apakah pernah terjadi overflowing di seawall NCICD fase A?

Jawab: NCICD belum
existing sudah

11. Seberapa besar laju penurunan tanah yang terjadi di kawasan pluit

Jawab: 12 ~ 20 cm (Nizam zaman)

12. Bagaimana cara kementerian PUPR dalam mengatasi masalah penurunan tanah di kawasan pluit?

Jawab: dengan ~~membangun~~ pengambilan air tanah
mengatur

13. Bagaimana cara kementerian PUPR dalam mengatasi masalah penurunan tanah pada seawall NCICD fase A?

Jawab: tidak bisa - hanya ditinggikan (adaptable)

14. Seawall NCICD fase A direncanakan untuk efektif sampai?

Jawab: 2030 untuk pluit
2040 untuk timur

15. Bagaimana takal'ukur yang digunakan kementerian PUPR dalam menentukan keefektifan seawall NCICD fase A

Jawab: berdasarkan kejadian rob → tidak ada overflowing
overtopping lebih rendah dari perda

BIODATA PENULIS



Budhi Wicaksono Nugroho lahir di Jakarta, 13 September 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara serta bertempat tinggal di Jakarta. Riwayat pendidikan formal penulis meliputi SD Negeri 05 pagi Pondok Kelapa, SMP Negeri 109 Jakarta, SMA Negeri 81 Jakarta, dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember bidang studi rekayasa pantai pada tahun 2015 dan lulus pada tahun 2019. Kegiatan organisasi yang pernah penulis ikuti semasa kuliah di ITS diantaranya: Gerigi ITS , Dewan Perwakilan Mahasiswa ITS, dan Ocean Engineering Competition and Exhibition ITS.

Pada tahun 2019 ini , berkat doa dan bantuan semua pihak terkait penulis berhasil menyelesaikan studi di Departemen Teknik Kelautan ITS. Penulis menyelesaikan tugas akhir yang merupakan hasil dari pengalaman survey pengawasan struktur bangunan pelindung pantai Jakarta . Survei dilaksanakan ketika penulis menjadi bagian dari mahasiswa magang di salah satu perusahaan konsultan yang mendesain struktur bangunan pelindung pantai Jakarta .