

**UJI MODEL FISIK *INTEGRATED ARTIFICIAL REEF*
CURVED BREAKWATER TERHADAP KOEFISIEN
REFLEKSI-TRANSMISI-DISIPASI DAN *OVERTOPPING*
UNTUK SISTEM PROTEKSI PANTAI**

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD FIKRY SYACH
260 501 171 200 36



**DEPARTEMEN OSEANOGRAFI
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2022**

**UJI MODEL FISIK *INTEGRATED ARTIFICIAL REEF*
CURVED BREAKWATER TERHADAP KOEFISIEN
REFLEKSI-TRANSMISI-DISIPASI DAN *OVERTOPPING*
UNTUK SISTEM PROTEKSI PANTAI**

**Oleh:
MUHAMMAD FIKRY SYACH
260 501 171 200 36**

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Derajat Sarjana S1 pada Departemen Oseanografi
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro

**DEPARTEMEN OSEANOGRAFI
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Uji Model Fisik *Integrated Artificial Reef Curved Breakwater* Terhadap Koefisien Refleksi-Transmisi-Disipasi dan *Overtopping* untuk Sistem Proteksi Pantai.

Nama Mahasiswa : Muhammad Fikry Syach

Nomor Induk Mahasiswa : 260117120036

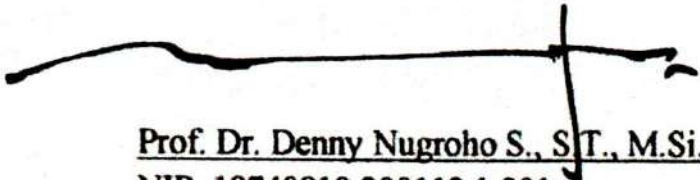
Departemen : Oseanografi


Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota


Prof. Dr. Denny Nugroho S., S.T., M.Si.
NIP. 19740810 200112 1 001



Dr. Ir. Dwi Haryo I., M.Si.
NIP. 19671215 199203 2 001

Dekan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro

Ketua
Departemen Oseanografi



Prof. Ir. Tri Winarni Agustini, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19650821 199001 2 001


Dr. Kunarso, S.T., M.Si.
NIP. 19690525 199603 1 002

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Uji Model Fisik *Integrated Artificial Reef Curved Breakwater* Terhadap Koefisien Refleksi-Transmisi-Disipasi dan *Overtopping* untuk Sistem Proteksi Pantai.

Nama Mahasiswa : Muhammad Fikry Syach

Nomor Induk Mahasiswa : 260117120036

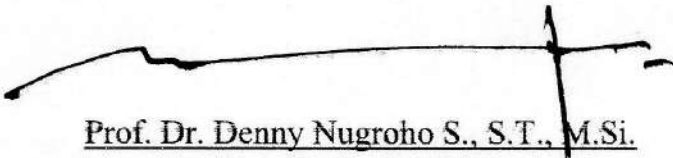
Departemen : Oseanografi

Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Skripsi ini telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
Pada tanggal: 2 Juni 2022

Mengesahkan:

Ketua Penguji



Prof. Dr. Denny Nugroho S., S.T., M.Si.
NIP. 19740810 200112 1 001

Sekretaris Penguji



Dr. Ir. Dwi Haryo I., M.Si.
NIP. 19671215 199203 2 001

Anggota Penguji



Dr. Elis Indrayanti, S.T., M.Si.
NIP. 19761201 199903 2 003

Anggota Penguji



Ir. Alfi Satriadi, M.Si.
NIP. 19650927 199212 1 001

Ketua
Departemen Oseanografi



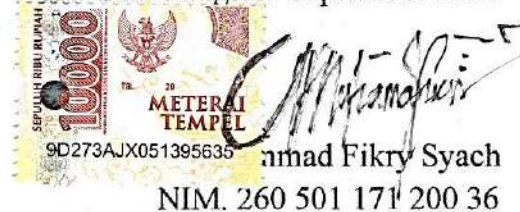
Dr. Kunarso, S.T., M.Si.
NIP. 19690525 199603 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya, Muhammad Fikry Syach menyatakan bahwa karya ilmiah/skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan karya ilmiah/skripsi ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Diponegoro maupun Perguruan Tinggi lain.

Semua informasi yang ada didalam karya ilmiah/skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan maupun tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua karya ilmiah/skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Semarang, 27 September 2021


9D273AJX051395635
Muhammad Fikry Syach
NIM. 260 501 171 200 36

ABSTRAK

Muhammad Fikry Syach. 260 501 171 200 36. Uji Model Fisik *Integrated Artificial Reef Curved Breakwater* terhadap Koefisien Refleksi-Transmisi-Disipasi dan *Overtopping* untuk Sistem Proteksi Pantai. (Denny Nugoroho Sugianto dan Dwi Haryo Ismunarti)

Kerusakan geomorfologi pesisir dan pantai berhubungan dengan ketidakseimbangan ekologi pesisir yang disebabkan oleh perubahan ekosistem pantai. *Breakwater* konvensional berfungsi sebagai perlindungan pesisir hard approach yang fungsi hanya menjadi peredam energi gelombang untuk keperluan pelabuhan atau sejenisnya. *Integrated Artificial Reef-Curved Breakwater (IARC-b)* dirancang sebagai *breakwater* ramah lingkungan yang mampu melindungi ekosistem terumbu karang buatan. Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui debit limpasan air (*overtopping discharge*), koefisien transmisi, koefisien refleksi, koefisien energi disipasi gelombang terhadap perbedaan kedalaman, periode gelombang, serta tata letak atau konfigurasi model pemecah gelombang berbentuk lengkung terintegrasi dengan *platform* terumbu buatan (*IARC-b*) pada skala laboratorium yang bertindak sebagai *breakwater* ramah lingkungan yang mampu melindungi *platform artificial reef* dibelakangnya. Ada 36 skenario “dengan model” *IARC-b* yang memiliki variasi 3 kedalaman (15, 17, 19)cm; 3 periode gelombang (1,0; 0,8; 0,7)s; dan 4 konfigurasi tata letak model (A, B, C, D); juga terdapat 9 skenario pengujian kalibrasi gelombang laut “tanpa model” sebagai data acuan saat pengolahan data dengan skala model 1:40. *Output* parameter yang digunakan ialah tinggi gelombang datang (H_i), kecuraman gelombang (H_i/L dan H/gT^2), koefisien *shoaling* (K_s), dan tinggi *freeboard* (R_c). Debit limpasan air yang melampaui model *IARC-breakwater* (q) pada konfigurasi (dengan puncak bangunan lengkung) A adalah 2,22 ml/s [7.992 L/h] (volume *overtopping* 3,48 L) dan konfigurasi C sebesar 2,23 ml/s [8.028 L/h] (volume *overtopping* 3,92 L) selama 60 detik pengujian. K_r ; K_t ; dan K_{ed} pada $d=15$ cm sebesar (26,42%; 33,7%; 39,81%); pada $d=17$ cm sebesar (22,64%; 32,24%; 45,11%); pada $d=19$ cm (16,1%; 32,3%; 51,4%). Pada perbedaan periode gelombang uji nilai K_r ; K_t ; dan K_{ed} pada $T=1,0$ s adalah (21,17%; 31,5%; 46,6%); pada $T=0,8$ s adalah (19,5%; 33,4%; 47%); pada $T=0,7$ s sebesar (22%; 33,3%; 42,7%). Perbedaan nilai K_r ; K_t ; dan K_{ed} pada variasi konfigurasi model *IARC-b* adalah; konfigurasi A (21,1%; 30%; 48,9%); konfigurasi B (22,4%; 30,4%; 47,1%); konfigurasi C (22,3%; 37%; 41%); dan konfigurasi D (21%; 33,7%; 45,2%). Berdasar data tersebut, model *IARC-b* mampu melindungi *platform artificial reef* yang terletak pada belakang bangunan ($K_r < 30\%$; $K_t < 45\%$; $K_{ed} > 30\%$ dan $q \leq 4,167$ ml/s [$q \leq 15$ L/h]).

Kata Kunci : Koefisien Refleksi-Transmisi-Disipasi, Limpasan Air, Pemecah Gelombang *IARC*, Terumbu Buatan, Model Fisik.

ABSTRACT

Muhammad Fikry Syach. 260 501 171 200 36. *Physical Model Experiment of Integrated Artificial Reef-Curved Breakwater to Reflection-Transmission-Dissipation Coefficient and Overtopping for Coastal Protection System (Denny Nugoroho Sugianto dan Dwi Haryo Ismunarti)*

Coastal geomorphological damage is related to coastal ecological imbalances caused by changes in coastal ecosystems. Conventional breakwater functions as a hard approach coastal protection whose only to reduce wave energy for port purposes and et cetera. Integrated Artificial Reef-Curved Breakwater (IARC-b) is designed as an environmentally friendly breakwater that can protect artificial coral reef ecosystems. The purpose of this study was to determine the overtopping discharge, transmission coefficient, reflection coefficient, wave dissipation energy coefficient to different depths, wave periods, as well as the layout or configuration of the curved breakwater model integrated with artificial reef platforms (IARC-b) on laboratory scale which acts as an environmentally friendly breakwater capable of protecting the artificial reef platform behind it. There are 36 scenarios "with the model" IARC-b which have 3 depth variations (15, 17, 19)cm; 3 wave periods (1.0; 0.8; 0.7s); and 4 model layout configurations (A, B, C, D); There are also 9 calibration test scenarios "without a model" as reference data when processing data with 1:40 model scale. The output parameters used are incident wave height (H_i), wave steepness (H_i/L and H/gT^2), shoaling coefficient (K_s), and freeboard height (R_c). The runoff discharge that exceeds the IARC- breakwater model (q) in configuration (with a curved top) A is 2.22 ml/s [7,992 L/h] (overtopping volume 3.48 L) and configuration C is 2.23 ml /s [8.028 L/h] (overtopping volume 3.92 L) for 60 seconds of testing. C_r ; C_t ; and C_{ed} at $d=15$ cm by (26.42%; 33.7%; 39.81%); at $d=17$ cm by (22.64%; 32.24%; 45.11%); at $d=19$ cm (16.1%; 32.3%; 51.4%). At the difference in the period of the test wave the value of C_r ; C_t ; and C_{ed} at $T=1.0$ s are (21.17%; 31.5%; 46.6%); at $T=0.8$ s are (19.5%; 33.4%; 47%); at $T=0.7$ s by (22%; 33.3%; 42.7%). The difference in the value of C_r ; C_t ; and C_{ed} in the configuration variation of the IARC-b model are; configuration A (21.1%; 30%; 48.9%); configuration B (22.4%; 30.4%; 47.1%); configuration C (22.3%; 37%; 41%); and configuration D (21%; 33.7%; 45.2%). Based on these data, the IARC-b model can protect the artificial reef platform located at the back of the model ($K_r < 30\%$; $K_t < 45\%$; $K_{ed} > 30\%$ and $q \leq 4.167$ ml/s [$q \leq 15$ L/h]).

Keywords : *Reflection-Transmission-Dissipation Coefficient, Overtopping, IARC Breakwater, Artificial Reef, Physical Model.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir atau skripsi dengan judul “Uji Model Fisik *Integrated Artificial Reef Curved Breakwater* Terhadap Koefisien Refleksi-Transmisi-Disipasi dan *Overtopping* untuk Sistem Proteksi Pantai”.

Penelitian memiliki tujuan untuk mengetahui efektifitas *Integrated Artificial Reef-Curved Breakwater* pada variabel koefisien *shoaling*, transmisi, refleksi dan energi disipasi (KED), serta debit limpasan air (q) variasi konfigurasi, kedalaman pada skala laboratorium.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Denny Nugroho Sugianto, S.T., M.Si. dan Dr. Ir. Dwi Haryo Ismunarti., M.Si sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan secara teknis, bimbingan dan semangat kepada penulisan selama penelitian dan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Drs. Jarot Marwoto, M.Pd. sebagai dosen wali dan seluruh dosen di Departemen Oseanografi yang selalu memberikan pengarahan selama masa studi.
3. Orang tua dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini,
4. Laboran laboratorium Hidrodinamika yang telah memberikan bantuan moriil dan materil selama proses pembuatan dan pengambilan data model, dan
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna. Penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan penulisan skripsi ini. Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat.

Semarang, 20 April 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
I. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang.....	1
Pendekatan dan Perumusan Masalah.....	3
Tujuan.....	3
Manfaat.....	4
Batasan Masalah.....	4
Waktu dan Lokasi Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
<i>Integrated Artificial Reef-Curved Breakwater (IARC-b)</i>	6
Sisi Lengkung	7
Model Blok Beton.....	8
Terumbu Buatan.....	8
Landasan Teori Gelombang	10
Teori Dasar Gelombang.....	10
Klasifikasi Teori Gelombang.....	11
Parameter-Parameter Gelombang	13

Teori Peredaman Gelombang Laut.....	14
Limpasan Air (<i>Overtopping</i>)	16
Hukum Dasar Model Fisik	19
Sebangun Geometrik.....	19
Sebangun Kinematik.....	20
Sebangun Dinamik.....	21
III. MATERI DAN METODE.....	23
Materi Penelitian	23
Alat dan Bahan Penelitian	25
Metode Penelitian.....	26
Metode Perancangan Awal	27
Metode Pengambilan Data.....	38
Metode Pengolahan Data.....	40
Data <i>Pulse Width Modulation</i> (Pwm) dan Kecepatan Rotor Mesin	40
Data Gelombang	40
Data Koefisien Transmisi (<i>Kt</i>)	43
Data Koefisien Refleksi (<i>Kr</i>)	43
Data Koefisien Energi Teredam (<i>Ked</i>).....	44
Data Energi Gelombang.....	44
Data Debit Limpasan Air (<i>q</i>)	45
Diagram Alir Penelitian.....	47
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	48
Hasil.....	48
Hasil Kalibrasi <i>Wave Flume</i>	48
Data Gelombang	52
Data Koefisien Refleksi (<i>Kr</i>) dan Transmisi (<i>Kt</i>)	66
Data Koefisien Energi Teredam (<i>Ked</i>) dan Energi Gelombang	75
4.1.5. Data Debit Limpasan Air (<i>q</i>)	80
Pembahasan	84
Korelasi Data Kalibrasi <i>Wavemaker</i> pada Data Gelombang ..	84
Hubungan Koefisien Pendangkalan (<i>Ks</i>) dengan Kecuraman Gelombang	86
Korelasi Koefisien Refleksi (<i>Kr</i>) dengan Koefisien Pendangkalan (<i>Ks</i>).....	89

Korelasi Koefisien Transmisi (K_t) dengan Koefisien Pendangkalan (K_s).....	90
Hubungan Koefisien Refleksi (K_r) dengan Tinggi Gelombang Datang (H_i).....	91
Hubungan Koefisien Transmisi (K_t) dengan Tinggi Gelombang Datang (H_i).....	93
Hubungan Koefisien Disipasi (K_{ed}) dengan Tinggi Gelombang Datang (H_i).....	96
Efek Besaran Energi Gelombang Terhadap Platform Terumbu Buatan.....	98
4.2.9 Pengaruh Tinggi Gelombang Datang (H_i) terhadap Debit Limpasan Air (<i>Overtopping</i>) (q)	100
V. KESIMPULAN DAN SARAN	103
Kesimpulan.....	103
Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
L A M P I R A N.....	104
RIWAYAT HIDUP	174

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Batasan gelombang air laut dangkal, laut transisi, serta laut dalam berdasarkan kedalaman relatif	11
Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian Uji Model Fisik <i>Integrated Artificial Reef Curved Breakwater</i> Terhadap Koefisien Pendangkalan-Refleksi-Transmisi-Disipasi dan <i>Overtopping</i> untuk Sistem Proteksi Pantai	25
Tabel 3. Konfigurasi Pengujian Kalibrasi Tanpa Model <i>IARC Breakwater</i> ...	36
Tabel 4. Desain Rencana atau Konfigurasi Pengujian Model <i>IARC Breakwater</i>	37
Tabel 5. Hasil Data Kalibrasi <i>Waveflume</i> pada Kedalaman 13 cm	48
Tabel 6. Hasil Data Kalibrasi <i>Waveflume</i> pada Kedalaman 15 cm	48
Tabel 7. Hasil Data Kalibrasi <i>Waveflume</i> pada Kedalaman 17 cm	49
Tabel 8. Hasil Data Kalibrasi <i>Waveflume</i> pada Kedalaman 19 cm	49
Tabel 9. Hasil Data Kalibrasi <i>Waveflume</i> pada Kedalaman 23 cm	49
Tabel 10. Hasil Data Tinggi Gelombang Tanpa Model <i>IARC breakwater</i>	53
Tabel 11. Hasil Data Tinggi Gelombang pada Konfigurasi A.....	56
Tabel 12. Hasil Data Tinggi Gelombang pada Konfigurasi B.....	56
Tabel 13. Hasil Data Tinggi Gelombang pada Konfigurasi C.....	57
Tabel 14. Hasil Data Tinggi Gelombang pada Konfigurasi D.....	57
Tabel 15. Hasil Data Panjang Gelombang pada Konfigurasi A	58
Tabel 16. Hasil Data Panjang Gelombang pada Konfigurasi B.....	58
Tabel 17. Hasil Data Panjang Gelombang pada Konfigurasi C.....	59
Tabel 18. Hasil Data Panjang Gelombang pada Konfigurasi D	59
Tabel 19. Hasil Pendekatan <i>Hunt</i> , Kecuraman Gelombang, dan Koefisien Refleksi pada Konfigurasi A	67
Tabel 20. Hasil Pendekatan <i>Hunt</i> , Kecuraman Gelombang, dan Koefisien Refleksi pada Konfigurasi Konfigurasi B.	67
Tabel 21. Hasil Pendekatan <i>Hunt</i> , Kecuraman Gelombang, dan Koefisien Refleksi pada Konfigurasi Konfigurasi C.	67
Tabel 22. Hasil Pendekatan <i>Hunt</i> , Kecuraman Gelombang, dan Koefisien Refleksi pada Konfigurasi Konfigurasi D	68
Tabel 23. Hasil Perhitungan Data Koefisien Transmisi (<i>Kt</i>) Pada Konfigurasi A dan Konfigurasi B.....	71
Tabel 24. Hasil Perhitungan Data Koefisien Transmisi (<i>Kt</i>) Pada Konfigurasi C dan Konfigurasi D.....	71
Tabel 25. Hasil perhitungan data koefisien energi teredam (<i>Ked</i>), data energi gelombang datang (<i>Hi</i>), energi gelombang transmisi (<i>Et</i>), energi	

gelombang refleksi (E_r) dan energi gelombang disipasi (E_d) pada konfigurasi A	75
Tabel 26. Hasil perhitungan data koefisien energi teredam (K_{ed}), data energi gelombang datang (H_i), energi gelombang transmisi (E_t), energi gelombang refleksi (E_r) dan energi gelombang disipasi (E_d) pada konfigurasi B.	75
Tabel 27. Hasil perhitungan data koefisien energi teredam (K_{ed}), data energi gelombang datang (H_i), energi gelombang transmisi (E_t), energi gelombang refleksi (E_r) dan energi gelombang disipasi (E_d) pada konfigurasi C.	76
Tabel 28. Hasil perhitungan data koefisien energi teredam (K_{ed}), data energi gelombang datang (H_i), energi gelombang transmisi (E_t), energi gelombang refleksi (E_r) dan energi gelombang disipasi (E_d) pada konfigurasi D	76
Tabel 29. Hasil perhitungan data <i>overtopping volume</i> dan <i>overtopping discharge</i> pada konfigurasi A yang nilai empiris b diambil nilainya melalui diagram pada Gambar 25 yaitu $T=1,0s$ sebesar $b=0,4$; $T=0,8s$ sebesar $b=0,34$; dan $T=0,7s$ sebesar $b=0,27$	80
Tabel 30. Hasil perhitungan data <i>overtopping volume</i> dan <i>overtopping discharge</i> pada konfigurasi B yang nilai empiris b diambil nilainya melalui diagram pada Gambar 25 yaitu $T=1,0s$ sebesar $b=0,4$; $T=0,8s$ sebesar $b=0,34$; dan $T=0,7s$ sebesar $b=0,27$	81

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.	<i>Integrated Rubble Slope Artificial Reef Submerged Breakwater</i> (Castelino <i>et al.</i> , 2018).	6
Gambar 2.	<i>Integrated Recurved Caisson Type Breakwater</i> , a) menggunakan sisi lengkung b) tegak (Shahidi <i>et al.</i> , 2020).	7
Gambar 3.	<i>Northern Easst Zeelander, Holand Deltawerken</i> adalah struktur bangunan pantai (<i>breakwater, levee, canal</i>) terintegrasi dalam mengurangi dampak <i>overtopping</i> pada pantai-pantai Belanda (van Gent, 2001).	8
Gambar 4.	<i>Integrated Rubble Slope Artificial Reef Submerged Breakwater</i> (Tanaya <i>et al.</i> , 2021).....	9
Gambar 5.	Perbedaan gerak partikel air dalam pergerakan gelombang (A) dengan diagram perbandingan kecepatan horizontal (<i>m/s</i>) dengan kedalaman perairan (<i>m</i>) (Weiss dan Heinrich, 2006).	12
Gambar 6.	Selang nilai dari beberapa teori gelombang laut berdasar variabel <i>H, T, d, L, H0</i> , dan <i>L0</i> (Le Méhauté, 1976).....	12
Gambar 7.	Definisi variabilitas gelombang linier Airy pada amplitude kecil (Sorensen, 2006).....	14
Gambar 8.	Skema pengaturan <i>slope dijk</i> pada <i>deltawerken</i> berbasis pada (Holland <i>et al.</i> , 2015) menggunakan dua laser dalam menentukan <i>slope</i> maksimal. garis pindai (garis putus-putus biru dan merah) lintasan rayapan gelombang laut. Titik pindai pada permukaan air dilambangkan dengan titik biru dan merah. <i>R(m)</i> adalah jarak pindai rayapan gelombang. $\theta(^{\circ})$ sudut pindai, $\phi(^{\circ})$ sudut kemiringan pemindaian. $\beta(^{\circ})$ sudut koreksi jika garis pindai tidak lurus dengan kemiringan <i>breakwater</i> <i>hs(m)</i> tinggi antara laser pengukur ke titik pindai, <i>xs(m)</i> jarak titik pindai dari titik gelombang pecah, $\alpha(^{\circ})$ sudut kemiringan <i>breakwater</i> dan <i>V</i> (m^3 /menit) atau <i>q</i> prediksi debit <i>overtopping</i> (Oosterlo <i>et al.</i> , 2021).	16
Gambar 9.	Definisi <i>overtopping</i> , yang digunakan pada <i>dike (dijk), levee, rouble mound-breakwater</i> (van Gent, 1999).....	17
Gambar 10.	Kondisi <i>overtopping</i> pada sebuah <i>dike, levee, breakwater</i> dengan tipe gundukan (Esteban <i>et al.</i> , 2017).	18

Gambar 11.	PG45 motor DC 500rpm sebagai unit pembangkit gelombang yang menggerakkan <i>wavemaker</i> (akrilik transparan) terhubung dengan lengan piston sepanjang 50cm (Pengolahan Data, 2022).	24
Gambar 12.	<i>Slope/Wave absorber</i> dengan pengaturan <i>bult</i> untuk kemiringan tertentu berfungsi untuk meredam gelombang balik (<i>backsplash</i>) (Pengolahan Data, 2022).	25
Gambar 13.	Sensor ultrasonic HCSR04 untuk merekam tinggi gelombang (<i>hn</i>) (Pengolahan Data, 2022).	25
Gambar 14.	Gambaran teknis skema pengujian model <i>IARC breakwater</i> di dalam <i>waveflume</i> (Pengolahan Data, 2022).	27
Gambar 15.	Tata letak alat sensor perekam pada <i>waveflume</i> (atas), model 3D <i>waveflume</i> ukuran 7x0,5 meter dengan kedalaman efektif 25 cm (bawah) (Pengolahan Data, 2022).	27
Gambar 16.	Model <i>IARC breakwater</i> terhadap kedudukan muka air laut diam (SWL) (Pengolahan Data, 2022).	28
Gambar 17.	Justifikasi jari-jari kelengkungan model bagian blok atas (α) terhadap SWL (Pengolahan Data, 2022).	32
Gambar 18.	Justifikasi <i>slope</i> kemiringan blok beton bagian bawah (berbentuk tangga) (θ) terhadap struktur inti (Pengolahan Data, 2022).	33
Gambar 19.	Rancangan model dari susunan struktur, tampak belakang (terdapat terumbu), tampak atas dan tampak samping <i>IARC breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).	34
Gambar 20.	Justifikasi rancangan model dari tampak samping, tampak penampang irisan bangunan, tampak belakang (terdapat terumbu), dan tampak atas <i>IARC breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).	34
Gambar 21.	Konfigurasi tata letak bangunan, terdiri dari 4 konfigurasi bangunan (Pengolahan Data, 2022).	35
Gambar 22.	Tampilan program ATS <i>Waveflume</i> dan pengukuran rpm <i>wavemaker</i> menggunakan tachometer (Pengolahan Data, 2022).	38
Gambar 23.	Grafik perbandingan tinggi gelombang pecah dengan kecuraman gelombang untuk menentukan tipe gelombang pecah sesuai dengan kemiringan pantai (Triatmodjo, 1999).	42
Gambar 24.	Grafik perbandingan kedalaman gelombang pecah dengan kecuraman gelombang untuk menentukan tipe gelombang	

	pecah sesuai dengan kemiringan pantai (m) (Triatmodjo, 1999).	42
Gambar 25.	Grafik panduan perhitungan <i>berm overtopping</i> tak berdimensi. Garis rekomendasi digunakan dalam pengujian model <i>IARC breakwater</i> .(van Gent, 2001).....	45
Gambar 26.	Grafik contoh logaritmik untuk nilai <i>overtopping</i> (q) atau (Q) dalam penjelasan (van Gent, 2001).	46
Gambar 27.	Diagram alir uji fisik model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).	47
Gambar 28.	Grafik kalibrasi performa <i>wavemaker</i> kedalaman 13 cm (Pengolahan Data, 2022).....	50
Gambar 29.	Grafik kalibrasi performa <i>wavemaker</i> kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).....	50
Gambar 30.	Grafik kalibrasi performa <i>wavemaker</i> kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).....	51
Gambar 31.	Grafik kalibrasi performa <i>wavemaker</i> kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).....	51
Gambar 32.	Grafik kalibrasi performa <i>wavemaker</i> kedalaman 23 cm (Pengolahan Data, 2022).....	51
Gambar 33.	Grafik kalibrasi <i>wavemaker torque</i> pada semua kedalaman uji (Pengolahan Data, 2022).	52
Gambar 34.	Grafik kalibrasi tinggi gelombang pada konfigurasi tanpa model pada kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).	53
Gambar 35.	Grafik kalibrasi tinggi gelombang pada konfigurasi tanpa model pada kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).	53
Gambar 36.	Grafik kalibrasi tinggi gelombang pada konfigurasi tanpa model pada kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).	54
Gambar 37.	Grafik tinggi amplitudo kalibrasi tanpa model pada variasi per periode gelombang di kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).....	54
Gambar 38.	Grafik tinggi amplitudo kalibrasi tanpa model pada variasi per periode gelombang di kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).....	54
Gambar 39.	Grafik tinggi amplitudo kalibrasi tanpa model pada variasi per periode gelombang di kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).....	55
Gambar 40.	Grafik kalibrasi tinggi gelombang pada konfigurasi tanpa model pada kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).	55
Gambar 41.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi A1 s.d. A3 Kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).....	60
Gambar 42.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi A4 s.d. A6 Kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).....	60

Gambar 43.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi A7 s.d. A9 Kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).....	60
Gambar 44.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi B10 s.d. B15 Kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).	60
Gambar 45.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi B13 s.d. B15 Kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).	61
Gambar 46.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi B16 s.d. B18 Kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).	61
Gambar 47.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi C19 s.d. C21 Kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).	61
Gambar 48.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi C22 s.d. C24 Kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).	61
Gambar 49.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi C25 s.d. C27 Kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).	62
Gambar 50.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi D28 s.d. D30 Kedalaman 15 cm (Pengolahan Data, 2022).	62
Gambar 51.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi D31 s.d. D33 Kedalaman 17 cm (Pengolahan Data, 2022).	62
Gambar 52.	Grafik Tinggi Gelombang Signifikan pada Konfigurasi D34 s.d. D36 Kedalaman 19 cm (Pengolahan Data, 2022).	62
Gambar 53.	Grafik kejadian gelombang pada semua konfigurasi model bangunan (Pengolahan Data, 2022).	63
Gambar 54.	Grafik hubungan nilai koefisien pendangkalan (K_s) terhadap kecuraman gelombang (H/gT^2) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).....	64
Gambar 55.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien <i>shoaling</i> (K_s) dengan kecuraman gelombang oleh tinggi gelombang rerata (H/gT^2) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).....	65
Gambar 56.	Grafik hubungan nilai koefisien pendangkalan (K_s) terhadap kecuraman gelombang (H_i/L) untuk tiap periode	

	gelombang pengujian model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).	66
Gambar 57.	Grafik Hubungan koefisien refleksi (K_r) terhadap tinggi gelombang datang (H_i) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).	69
Gambar 58.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien refleksi (K_r) dengan tinggi gelombang datang (H_i) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).	69
Gambar 59.	Grafik korelasi antara nilai koefisien refleksi (K_r) dengan kecuraman gelombang datang (H_i/L) untuk tiap periode gelombang pengujian model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).	69
Gambar 60.	Grafik Hubungan koefisien refleksi (K_r) terhadap koefisien pendangkalan (K_s) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).	70
Gambar 61.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien refleksi (K_r) dengan koefisien <i>shoaling</i> (K_s) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).	70
Gambar 62.	Grafik Hubungan koefisien transmisi (K_t) terhadap tinggi gelombang datang (H_i) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).	72
Gambar 63.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).	72
Gambar 64.	Grafik korelasi antara nilai koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang datang (H_i/L) untuk tiap periode gelombang pengujian model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).	72
Gambar 65.	Grafik Hubungan koefisien transmisi (K_t) terhadap koefisien pendangkalan (K_s) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).	73
Gambar 66.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan koefisien <i>shoaling</i> (K_s) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).	73
Gambar 67.	Grafik Hubungan koefisien refleksi (K_r) terhadap koefisien pendangkalan (K_s) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).	74

Gambar 68.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien refleksi (K_r) dengan koefisien <i>shoaling</i> (K_s) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).....	74
Gambar 69.	Grafik korelasi antara nilai koefisien refleksi (K_r) dengan koefisien transmisi (K_t) untuk tiap periode gelombang pengujian model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).....	74
Gambar 70.	Grafik Hubungan koefisien disipasi (K_{ed}) terhadap tinggi gelombang datang (H_i) pada masing-masing variabel konfigurasi bangunan A-D (Pengolahan Data, 2022).....	78
Gambar 71.	<i>Scatter Plot</i> perbandingan koefisien disipasi (K_{ed}) dengan tinggi gelombang datang (H_i) pada semua konfigurasi bangunan atau model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).....	78
Gambar 72.	Grafik korelasi antara nilai koefisien disipasi (K_{ed}) dengan kecuraman gelombang datang (H_i/L) untuk tiap periode gelombang pengujian model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).....	78
Gambar 73.	Grafik korelasi antara nilai koefisien disipasi (K_{ed}) dengan koefisien <i>shoaling</i> (K_s) untuk tiap periode gelombang pengujian model <i>IARC-b</i> (Pengolahan Data, 2022).	79
Gambar 74.	Representasi lintasan partikel air pada tiap kedalaman yang diujikan pada model <i>IARC-breakwater</i> (Kedalaman relatif: perairan transisi) (Pengolahan Data, 2022).	79
Gambar 75.	Grafik perbandingan nilai energi rata-rata gelombang datang (E_i), gelombang refleksi (E_r), gelombang transmisi (E_t) dan gelombang disipasi (E_d); dan Koreksi energi terhadap H/gT^2 pada setiap konfigurasi (Pengolahan Data, 2022).....	79
Gambar 76.	Grafik batang interpretasi perbandingan banyaknya volume yang melampaui puncak model <i>IARC-b</i> (V_{ov}) pada konfigurasi A dan C (konfigurasi khusus <i>overtopping</i>) (Pengolahan Data, 2022).	82
Gambar 77.	Grafik hiperbolik dan <i>fitting</i> nilai debit <i>overtopping</i> yang diujikan pada model <i>IARC-breakwater</i> terhadap nilai debit <i>overtopping</i> yang dihitung berdasar formulasi (van Gent, 2001) mengenai <i>dyke Deltawerken</i> yang disesuaikan dengan karakteristik model <i>IARC-breakwater</i> (Pengolahan Data, 2022).....	82
Gambar 78.	Grafik komparasi logaritmik nilai <i>overtopping discharge</i> (q) antara 3 percobaan yaitu pengujian model <i>IARC-b</i> , pengujian dengan karakteristik model <i>IARC-b</i> berbebasis	

	<i>breakwater rubble-mound+caisson</i> oleh (van Gent, 2001), dan <i>fitting</i> nilai <i>log q</i> pada percobaan (Dan <i>et al.</i> , 2016) pada <i>breakwater</i> sisi miring (Pengolahan Data, 2022).	83
Gambar 79.	Grafik tinggi gelombang Skenario 1 (Pengolahan Data, 2022).	158
Gambar 80.	Grafik tinggi gelombang Skenario 2 (Pengolahan Data, 2022).	158
Gambar 81.	Grafik tinggi gelombang Skenario 3 (Pengolahan Data, 2022).	158
Gambar 82.	Grafik tinggi gelombang Skenario 4 (Pengolahan Data, 2022).	158
Gambar 83.	Grafik tinggi gelombang Skenario 5 (Pengolahan Data, 2022).	158
Gambar 84.	Grafik tinggi gelombang Skenario 6 (Pengolahan Data, 2022).	159
Gambar 85.	Grafik tinggi gelombang Skenario 7 (Pengolahan Data, 2022).	159
Gambar 86.	Grafik tinggi gelombang Skenario 8 (Pengolahan Data, 2022).	159
Gambar 87.	Grafik tinggi gelombang Skenario 9 (Pengolahan Data, 2022).	159
Gambar 88.	Grafik tinggi gelombang Skenario 10 (Pengolahan Data, 2022).	159
Gambar 89.	Grafik tinggi gelombang Skenario 11 (Pengolahan Data, 2022).	160
Gambar 90.	Grafik tinggi gelombang Skenario 12 (Pengolahan Data, 2022).	160
Gambar 91.	Grafik tinggi gelombang Skenario 13 (Pengolahan Data, 2022).	160
Gambar 92.	Grafik tinggi gelombang Skenario 14 (Pengolahan Data, 2022).	160
Gambar 93.	Grafik tinggi gelombang Skenario 15 (Pengolahan Data, 2022).	160
Gambar 94.	Grafik tinggi gelombang Skenario 16 (Pengolahan Data, 2022).	161
Gambar 95.	Grafik tinggi gelombang Skenario 17 (Pengolahan Data, 2022).	161
Gambar 96.	Grafik tinggi gelombang Skenario 18 (Pengolahan Data, 2022).	161
Gambar 97.	Grafik tinggi gelombang Skenario 19 (Pengolahan Data, 2022).	161

Gambar 98.	Grafik tinggi gelombang Skenario 20 (Pengolahan Data, 2022).	161
Gambar 99.	Grafik tinggi gelombang Skenario 21 (Pengolahan Data, 2022).	162
Gambar 100.	Grafik tinggi gelombang Skenario 22 (Pengolahan Data, 2022).	162
Gambar 101.	Grafik tinggi gelombang Skenario 23 (Pengolahan Data, 2022).	162
Gambar 102.	Grafik tinggi gelombang Skenario 24 (Pengolahan Data, 2022).	162
Gambar 103.	Grafik tinggi gelombang Skenario 25 (Pengolahan Data, 2022).	162
Gambar 104.	Grafik tinggi gelombang Skenario 26 (Pengolahan Data, 2022).	163
Gambar 105.	Grafik tinggi gelombang Skenario 27 (Pengolahan Data, 2022).	163
Gambar 106.	Grafik tinggi gelombang Skenario 28 (Pengolahan Data, 2022).	163
Gambar 107.	Grafik tinggi gelombang Skenario 29 (Pengolahan Data, 2022).	163
Gambar 108.	Grafik tinggi gelombang Skenario 30 (Pengolahan Data, 2022).	163
Gambar 109.	Grafik tinggi gelombang Skenario 31 (Pengolahan Data, 2022).	164
Gambar 110.	Grafik tinggi gelombang Skenario 32 (Pengolahan Data, 2022).	164
Gambar 111.	Grafik tinggi gelombang Skenario 33 (Pengolahan Data, 2022).	164
Gambar 112.	Grafik tinggi gelombang Skenario 34 (Pengolahan Data, 2022).	164
Gambar 113.	Grafik tinggi gelombang Skenario 35 (Pengolahan Data, 2022).	164
Gambar 114.	Grafik tinggi gelombang Skenario 36 (Pengolahan Data, 2022).	165
Gambar 115.	Perekaman Gelombang Skenario A1	170
Gambar 116.	Perekaman Gelombang Skenario A2	170
Gambar 117.	Perekaman Gelombang Skenario A3	170
Gambar 118.	Perekaman Gelombang Skenario A4	170
Gambar 119.	Perekaman Gelombang Skenario A5	170
Gambar 120.	Perekaman Gelombang Skenario A6	170
Gambar 121.	Perekaman Gelombang Skenario A7	170
Gambar 122.	Perekaman Gelombang Skenario A8	170

Gambar 123. Perekaman Gelombang Skenario A9	171
Gambar 124. Perekaman Gelombang Skenario B10.....	171
Gambar 125. Perekaman Gelombang Skenario B11.....	171
Gambar 126. Perekaman Gelombang Skenario B12.....	171
Gambar 127. Perekaman Gelombang Skenario B13.....	171
Gambar 128. Perekaman Gelombang Skenario B14.....	171
Gambar 129. Perekaman Gelombang Skenario B15.....	171
Gambar 130. Perekaman Gelombang Skenario B16.....	171
Gambar 131. Perekaman Gelombang Skenario B17.....	172
Gambar 132. Perekaman Gelombang Skenario B18.....	172
Gambar 133. Perekaman Gelombang Skenario C19.....	172
Gambar 134. Perekaman Gelombang Skenario C20.....	172
Gambar 135. Perekaman Gelombang Skenario C21.....	172
Gambar 136. Perekaman Gelombang Skenario C22.....	172
Gambar 137. Perekaman Gelombang Skenario C23.....	172
Gambar 138. Perekaman Gelombang Skenario C24.....	172
Gambar 139. Perekaman Gelombang Skenario C25.....	172
Gambar 140. Perekaman Gelombang Skenario C26.....	172
Gambar 141. Perekaman Gelombang Skenario C27.....	173
Gambar 142. Perekaman Gelombang Skenario D28	173
Gambar 143. Perekaman Gelombang Skenario D29	173
Gambar 144. Perekaman Gelombang Skenario D30	173
Gambar 145. Perekaman Gelombang Skenario D31	173
Gambar 146. Perekaman Gelombang Skenario D32	173
Gambar 147. Perekaman Gelombang Skenario D33	173
Gambar 148. Perekaman Gelombang Skenario D34	173
Gambar 149. Perekaman Gelombang Skenario D35	173
Gambar 150. Perekaman Gelombang Skenario D36	173

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Tanpa Model B115.....	110
Lampiran 2. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Tanpa Model B117.....	114
Lampiran 3. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Tanpa Model B119.....	118
Lampiran 4. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A1	122
Lampiran 5. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A2	123
Lampiran 6. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A3	124
Lampiran 7. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A4	125
Lampiran 8. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A5	126
Lampiran 9. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A6	127
Lampiran 10. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A7	128
Lampiran 11. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A8	129
Lampiran 12. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model A9	130
Lampiran 13. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B10.....	131
Lampiran 14. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B11.....	132
Lampiran 15. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B12.....	133
Lampiran 16. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B13.....	134
Lampiran 17. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B14.....	135
Lampiran 18. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B15.....	136
Lampiran 19. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B16.....	137
Lampiran 20. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B17.....	138
Lampiran 21. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model B18.....	139
Lampiran 22. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C19.....	140
Lampiran 23. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C20.....	141
Lampiran 24. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C21.....	142
Lampiran 25. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C22.....	143
Lampiran 26. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C23.....	144
Lampiran 27. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C24.....	145
Lampiran 28. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C25.....	146
Lampiran 29. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C26.....	147
Lampiran 30. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model C27.....	148
Lampiran 31. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D28	149
Lampiran 32. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D29	150
Lampiran 33. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D30	151
Lampiran 34. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D31	152
Lampiran 35. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D32	153
Lampiran 36. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D33	154

Lampiran 37. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D34	155
Lampiran 38. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D35	156
Lampiran 39. Data Mentah Hasil Perekaman Gelombang Model D36	157
Lampiran 40. Grafik Representasi Kejadian Gelombang Model A1 s.d. D36.....	158
Lampiran 41. Pengolahan Data Tinggi Gelombang Signifikan Konfigurasi A & B.....	165
Lampiran 42. Pengolahan Data Tinggi Gelombang Signifikan Konfigurasi C & D.....	166
Lampiran 43. Data Olah (Logaritmik) Limpasan Air	168
Lampiran 44. Data Lintasan Partikel Gelombang Kedalaman Dalam	169
Lampiran 45. Dokumentasi Foto dan Video Pengujian Model <i>IARC</i> (Tautan Video <i>Realtime</i> Perekaman Gelombang)	170

