PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

# DAFTAR ISI

**PROYEK AKHIR** ..... **ii**
**LEMBAR PERSETUJUAN** ..... **iii**
**LEMBAR KONSULTASI PROYEK AKHIR** ..... **iv**
**LEMBAR PENGESAHAN** ..... **v**
**PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI** ..... **vi**
**LEMBAR HAK CIPTA DAN STATUS** ..... **vii**
**KATA PENGANTAR** ..... **viii**
**INTISARI** ..... **xi**
**ABSTRAK** ..... **xii**
**DAFTAR ISI** ..... **xiii**
**DAFTAR TABEL** ..... **xvi**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **xix**
**BAB I LATAR BELAKANG** ..... **1**
1.1 Pendahuluan ..... 1
1.2 Rumusan Masalah. ..... 6
1.3 Tujuan Penelitian. ..... 7
1.4 Batasan Masalah ..... 7
1.5 Manfaat Penelitian. ..... 8
1.5.1 Manfaat bagi masyarakat sebagai berikut. ..... 8
1.5.2 Manfaat bagi pemerintah sebagai . ..... 8
1.6 Sistematika Penelitian ..... 8
**BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI** ..... **9**
2.1 Tinjauan Pustaka ..... 9
2.1.1 Sungai dan Ekosistem ..... 9
2.1.2 Meander (Sungai berkelok) ..... 11
2.1.2 Restorasi Sungai ..... 12

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

2.1.4 Peran Riparian ..... 17
2.1.5 Vegetasi dan Vegetasi Riparian ..... 18
2.1.6 Teknologi Hybrid ..... 21
2.1.7 *River Continuum Concept* ( Konsep Sungai Berkelanjutan) ..... 25
2.1.8 Ekoinfrastruktur Perkuatan Tebing Sungai ..... 27
2.2 Landasan Teori ..... 30
2.2.1 Pelindung Tebing Sungai ..... 30
2.2.2 Stabilitas Tebing Sungai ..... 40
2.2.3 *Biomonitoring* ..... 46
2.2.4 Uji Signifikansi Peran IPR ..... 54
2.3 Penelitian Terdahulu ..... 55
2.4 Kebaruan Penelitian ..... 56
**BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... 58**
3.1 Metode Pelaksanaan ..... 58
3.1.1 Uji Pengambilan data sebelum pembangunan ..... 60
3.1.2 Pengukuran Geometri Sungai ..... 60
3.1.3 Pengukuran Hidrometri dan Sedimen Sungai ..... 60
3.1.4 Identifikasi Vegetasi Riparian Lokal ..... 60
3.1.5 Penyelidikan Tanah ..... 61
3.1.6 Analisis Stabilitas Lereng Sebelum dan Sesudah Penerapan IPR ..61
3.1.7 Uji *Biomonitoring* ..... 61
3.1.8 Pelaksanaan Uji Model Hidraulik Fisik (UMHF) ..... 63
3.1.9 Pembuatan Boks Beton ..... 63
3.1.10 Pelaksanaan Konstruksi Lapangan ..... 63
3.1.11 Evaluasi Kinerja Prototipe ..... 63
3.1.12 Uji signifikansi pengaruh peran beton *(grey infrastructure)* dan tanaman *(green) (Hybrid Technology)* ..... 64
3.2 Metode Analisis Data ..... 65

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2.1 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geostudio .....65
3.2.2 Analisis Keanekaragaman biota .....66
**BAB IV ANALISISIS DATA DAN PENERAPAN PROTOTIPE .....68**
4.1 Analisis .....68
4.1.1 Pengukuran Bentuk Sungai .....68
4.1.2. Pengukuran Hidrometri dan Sedimen Sungai .....70
4.1.3 Identifikasi Keanekaragaman Hayati .....73
4.1.4 Penyelidikan Tanah .....88
4.1.5 Analisis Stabilitas Pelindung Tebing Sungai .....91
4.1.6 Pelaksanaan Uji Model Hidraulik Fisik .....110
4.1.7 Perencanaan Boks Beton .....129
4.2 Penerapan Dilapangan .....133
4.2.1 Penyusunan Rencana Kerja .....133
4.2.2 Pelaksanaan Konstruksi Lapangan .....139
4.2.3 Evaluasi Prototipe .....144
4.2.4 Evaluasi prototipe 3 (tiga) tahun dilapangan .....152
4.3 Kompilasi Data Sebelum dan Sesudah Perkuatan IPR .....155
4.3.1 Perbandingan Data Keanekaragaman Hayati Sebelum dan Sesudah Penerepan prototipe IPR. .....155
4.3.2 Perbandingan Data Analisis Stabilitas Lereng .....159
**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....160**
5.1 Kesimpulan .....160
5.2 Saran .....161
**DAFTAR PUSTAKA .....162**

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor ..... 41
Tabel 2. 2 Nilai faktor keamanan lereng ..... 42
Tabel 2. 3 Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik (Fpga dan Fa) (AASHTO, 2012) ..... 43
Tabel 2. 4 Perbandingan Berbagai Metode *Limit Equilibrium* ..... 44
Tabel 2. 5 Contoh makroinvertebrata bentik berdasarkan kepekaannya terhadap bahan pencemar ..... 47
Tabel 2. 6 Struktur komunitas makroinvertebrata bentik pada berbagai kondisi perairan ..... 52
Tabel 2. 7 Penelitian terdahulu ..... 55
Tabel 3. 1 LISEC Score *Biomonitoring* ..... 67
Tabel 4. 1 Ringkasan Hasil Pengukuran Hidrometri ..... 71
Tabel 4. 2 Ringkasan Hasil Pengujian Sampel Sedimen Sungai Jelok ..... 72
Tabel 4. 3 Hasil Identifikasi Vegetasi Riparian Pertama di Lokasi Prototipe ..... 74
Tabel 4. 4 Hasil Identifikasi Vegetasi Riparian Kedua di Lokasi Prototipe ..... 76
Tabel 4. 5 Vegetasi Riparian di Lokasi Prototipe Dengan Fungsi Ekologi ..... 78
Tabel 4. 6 Hasil Pertama Identifikasi Fauna di Lokasi Prototipe ..... 81
Tabel 4. 7 Hasil Kedua Identifikasi Fauna Pasca Konstruksi di Lokasi Prototipe 81
Tabel 4. 8 Skor Parameter *Biomonitoring* ..... 84
Tabel 4. 9 Hasil *Biomonitoring* Titik Satu 2019 ..... 85
Tabel 4. 10 Hasil Biotilik Titik Dua 2019 ..... 85
Tabel 4. 11 Hasil *Biomonitoring* Titik Satu 2022 ..... 86
Tabel 4. 12 Hasil *Biomonitoring* Titik Dua 2022 ..... 86
Tabel 4. 13 Hasil *Biomonitoring* Tiap Titik ..... 87
Tabel 4. 14 Statifikasi Tanah dan Perlawanan Tanah Hasil Pemboran Dalam (DB-1) ..... 89
Tabel 4. 15 Statifikasi Tanah Hasil Pemboran Dangkal (SB-1) ..... 89
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Sondir Mekanis ..... 90
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Laboratorium Sifat Fisik Tanah ..... 90

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Laboratorium Propertis Mekanis Tanah ..... 91
Tabel 4. 19 Parameter Modulus Elastisitas Berbagai Jenis Tanah..... 94
Tabel 4. 20 Nilai Poisson's Ratio Berbagai Jenis Tanah ..... 95
Tabel 4. 21 Ringkasan Parameter Tanah Timbunan untuk Analisis Numerik..... 95
Tabel 4. 22 Besarnya Faktor Keamanan Terhadap Kejadian Kelongsoran ..... 96
Tabel 4. 23 Parameter tanah yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng ..... 98
Tabel 4. 24 Data Parameter Tabah Eksisting ..... 102
Tabel 4. 25 Data Parameter Ranah Dalam Geostudio..... 102
Tabel 4. 26 Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik (Fpga dan Fa) (AASHTO, 2012) ..... 105
Tabel 4. 27 Beban Lalu Lintas Untuk Stabilitas ..... 108
Tabel 4. 28 Hidrograf Banjir Rancangan di Sub DAS Jelok ..... 111
Tabel 4. 29 Harga Koefisien Manning ..... 114
Tabel 4. 30 Rasio Besaran Skala Pemodelan ..... 124
Tabel 4. 31 Hasil Pengujian Kuat tekan Beton ..... 130
Tabel 4. 32 Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan 1 Buah Boks Beton IPR, Ukuran 50 x 50 x 35 cm, Tebal 8 cm, Beton Mutu fc′= 19,3 MPa (K225) .. 136
Tabel 4. 33 Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan 1 Buah Boks Beton IPR, Ukuran 50 x 50 x 35 cm, Tebal 8 cm, Beton Mutu fc′= 21,7 MPa (K250) .. 137
Tabel 4. 34 Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan 1 Buah Boks Beton IPR, Ukuran 50 x 50 x 35 cm, Tebal 8 cm, Beton Mutu fc′= 24 MPa (K275) ..... 137
Tabel 4. 35 Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan 1 Buah Boks Beton IPR, Ukuran 50 x 50 x 35 cm, Tebal 8 cm, Beton Mutu fc′= 26,4 MPa (K300) .. 137
Tabel 4. 36 Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan 1 Buah Boks Beton IPR..... 144
Tabel 4. 37 Data Pengukuran Titik Tinjau Evaluasi Prototipe IPR ..... 150
Tabel 4. 38 Indentifikasi Riparian Sebelum dan Sesudah Penerapan IPR..... 156
Tabel 4. 39 Data Jenis Riparian yang Dijumpai Sebelum dan Sesudah Perlakuan. ..... 157
Tabel 4. 40 Data Jenis Riparian yang Tidak Ditemukan Setelah Penerapan IPR157
Tabel 4. 41 Data Jenis Riparian Baru Setelah Penerapan IPR ..... 158

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Tabel 4. 42 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode *Finite Element Metode* (FEM) ..... 159
Tabel 4. 43 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas atau *Limit Equilibrium Methods* (LEM)..... 159

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pemukiman di Kota Pacitan yang tergenang banjir (Sumber: Radar JawaPos) ..... 2
Gambar 1. 2 Tujuh belas poin pembangunan berkelanjutan (Sumber: sdgs.un.org) ..... 3
Gambar 1. 3 Konsep IPR *(Interlocking Permeable Revetment)* (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 5
Gambar 1. 4 Pendekatan berulang untuk manajemen adaptif (Sumber: Luell *et all*, 2003) ..... 6
Gambar 2. 1 Bagian-bagian alur sungai (Sumber: Geografi.org) ..... 10
Gambar 2. 2 Interaksi ekosistem darat dan air (Sumber: materiipa.com)..... 11
Gambar 2. 3 Pengaruh kecepatan aliran air pada sungai berkelok/meander pada dasar sungai (Sumber: stream corridor restoraton)..... 12
Gambar 2. 4 Hubungan komponen biotik dan abiotik sungai (Sumber: Lovett S & Price P, 1999)..... 14
Gambar 2. 5 Pengaruh Vegetasi Terhadap Tanah Permukaan (Sumber: Elisson et al, 2017) ..... 18
Gambar 2. 6 Restorasi Sungai untuk manajemen Banjir (Sumber: *Practical Guide To Implementing Green-Gray Infrastructure*)..... 24
Gambar 2. 7 Konsep Sungai Berkelanjutan (Sumber: River Continuum Concept) ..... 25
Gambar 2. 8 Implementasi inovasi perkuatan tebing Bronjong *(*Sumber: *nonwoven-geotextile.com)*..... 27
Gambar 2. 9 Perkuatan Lerenag dengan Geomat-Geosintetik (Sumber: Geosindo.co.id)..... 28
Gambar 2. 10 Aplikasi Perkuatan Tebing Sungai dengan SUPW Generik (Sumber: Kuncoro,2018) ..... 29
Gambar 2. 11 Komposisi dan Formasi Rekayasa Perkuatan Tebing Bioengineering (Sumber: Setyorini, 2017)..... 30
Gambar 2. 12 Perkuatan tebing sungai menggunakan Sheetpile (Radar Tarakan)31

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 2. 13 Perkuatan tebing sungai menggunakan pasangan batu ..... 32
Gambar 2. 14 Ilustrasi skematis dari konsep 'masa layan infrastruktur' (Sumber: M. G. Alexander)..... 33
Gambar 2. 15 Bentuk Boks Beton IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 35
Gambar 2. 16 Pola perakaran tanaman lantai (Sumber: Heidi Natural of The Conservation Research Institute)..... 36
Gambar 2. 17 Skema pembuatan bio-engineering (Sumber: Setyorini D, 2017) 39
Gambar 2. 18 Gaya-gaya yang bekerja pada metode Bishop (Sumber: Hardiyatmo, 2002)..... 44
Gambar 2. 19 Diagram untuk menentukan nilai Mi (Sumber: Janbu dkk, 1956) 46
Gambar 3. 1 Uraian Kegiatan Penelitian ..... 59
Gambar 3. 2 Indeks Nilai Penting (Shannon) ..... 60
Gambar 4. 1 Skema Pengukuran Geometri Sungai (Sumber: Google Earth)..... 68
Gambar 4. 2 Dokumentasi Pelaksanaan Pengukuran Geometri Sungai (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 69
Gambar 4. 3 Bentuk Penampang Melintang Longsoran Tebing Sungai (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 69
Gambar 4. 4 Kondisi Longsoran Tebing Sungai Jelok (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 70
Gambar 4. 5 Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Sungai Jelok (Sumber: Peta Google Earth)..... 71
Gambar 4. 6 Dokumentasi Pengambilan Sampel Material Dasar Sungai (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 71
Gambar 4. 7 Grafik Hjulstrom (Sumber: Morris & Fan, 1998)..... 73
Gambar 4. 8 Dokumentasi Identifikasi Vegetasi Riparian (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 74
Gambar 4. 9 Riparian Sebagai Feeding Place dan Tempat Bertengger Fauna (Sumber; Dokumentasi pribadi)..... 80
Gambar 4. 10 Dokumentasi tumbuhan estetik lokal Sungai Jelok (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 80
Gambar 4. 11 Lokasi Titik *Biomonitoring* (Sumber: Google Earth) ..... 85

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 4. 12 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah (Sumber: Google Earth)..... 88
Gambar 4. 13 Dokumentasi Pelaksanaan Penyelidikan Tanah (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang ..... 88
Gambar 4. 14 Rencana Desain Boks Beton IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai)92
Gambar 4. 15 Rencana Konfigurasi Rangkaian Boks IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 93
Gambar 4. 16 Rencana Penerapan Pelindung Tebing Sungai IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai) ..... 93
Gambar 4. 17 Skema Pemasangan Konstruksi Pelindung Tebing IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 94
Gambar 4. 18 Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai)..... 98
Gambar 4. 19 Hasil Analisis Kondisi Eksisting Metode Bishop (Sumber: Dokumentasi Pribadi)..... 99
Gambar 4. 20 Hasil Analisis Kondisi Eksisting Metode Janbu (Sumber: Dokumentasi Pribadi)..... 99
Gambar 4. 21 Hasil Analisis Kondisi Existing Metode Morgenstern-Price (Sumber: Dokumentasi Pribadi)..... 100
Gambar 4. 22 Hasil Pemodelan Pada Akhir Pemasangan IPR (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 101
Gambar 4. 23 Hasil Pemodelan Pada Akhir Konstruksi (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 101
Gambar 4. 24 Hasil Analisis Tipe Bishop Perkuatan IPR (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 103
Gambar 4. 25 Hasil Analisis Tipe Janbu Perkuatan IPR (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 103
Gambar 4. 26 Hasil Analisis Tipe Morgenstern-Price Perkuatan IPR (Sumber: Dokumentasi Pribadi)..... 104
Gambar 4. 27 Hasil Analisis Gempa Metode Bishop Kondisi Eksisting (Sumber: Dokumentasi Pribadi)..... 105

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 4. 28 Hasil Analisis Gempa Metode Janbu Kondisi Eksisting (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 106
Gambar 4. 29 Hasil Analisis Gempa Metode Morgenstern-Price Kondisi Eksisting (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 106
Gambar 4. 30 Hasil Analisis Gempa Perkuatan IPR Metode Bishop (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 107
Gambar 4. 31 Hasil Analisis Gempa Perkuatan IPR Metode Bishop (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 107
Gambar 4. 32 Hasil Analisis Gempa Perkuatan IPR Metode Bishop (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 108
Gambar 4. 33 Hasil Pemodelan Pada Kondisi Banjir (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 109
Gambar 4. 34. Hasil Pemodelan Pada Kondisi Surut Cepat (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 109
Gambar 4. 35 Hasil Pemodelan Pada Kondisi Adanya Beban Kendaraan (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 110
Gambar 4. 36 Dokumentasi Pembuatan UMHF per 31 Oktober 2019 (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 111
Gambar 4. 37 Hidrograf Banjir Rancangan di Sub DAS Jelok ..... 112
Gambar 4. 38 Penampang Melintang CRS 1+284,54 (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 114
Gambar 4. 39 *Rating-Curve* Penampang Melintang CRS 1+284,54 (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 114
Gambar 4. 40 *Rating Curve* Sedimen Sungai Jelok (Sumber: Hasil Analisis Data Balai Litbang Sungai) ..... 115
Gambar 4. 41 Pola Aliran Kondisi Eksisting (Awal Simulasi) (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 116
Gambar 4. 42 Pola Aliran Kondisi Eksisting (Akhir Simulasi) (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 117
Gambar 4. 43 Distribusi Kecepatan Aliran Eksisting di Lokasi Penerapan IPR (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 117

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 4. 44 Pola Aliran Kondisi Eksisting di Lokasi Penerapan IPR (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 118
Gambar 4. 45 Pola Gerusan di Lokasi Penerapan IPR Kondisi Eksisting (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 118
Gambar 4. 46 Pola Perubahan Dasar Sungai Pada Tampang Melintang di Lokasi Rencana Penerapan IPR Kondisi Eksisting..... 119
Gambar 4. 47 Skema Pemodelan Dengan Pemasangan 7 (Tujuh) Buah Krib (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 120
Gambar 4. 48 Pola Aliran Hasil Simulasi Dengan 7 (tujuh) Buah Krib. (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 121
Gambar 4. 49 Skema Pemodelan Dengan Pemasangan 6 (Enam) Buah Krib (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 121
Gambar 4. 50 Pola Aliran Hasil Simulasi Dengan 6 (enam) Buah Krib (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 122
Gambar 4. 51 Pola Gerusan di Lokasi Penerapan IPR Dengan 6 Buah Krib (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 122
Gambar 4. 52 Pola Perubahan Dasar Sungai Pada Tampang Melintang di Lokasi Rencana Penerapan IPR Dengan Pemasangan 6 Buah Krib (Sumber: Hasil Simulasi Balai Litbang Sungai) ..... 123
Gambar 4. 53 Pengaliran Uji Model Hidraulik Fisik Seri 0 Kondisi Eksisting (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 125
Gambar 4. 54 Pola Aliran Sungai Kondisi Eksisting (UMH Fisik) (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 125
Gambar 4. 55 Skema Pemodelan Seri 1 UMH Fisik Dengan Pemasangan Revetment dan Krib IPR (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 126
Gambar 4. 56 Pola Aliran UMH Fisik Setelah Pemasanga Krib pada Debit $Q_{2th}$ (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 126
Gambar 4. 57 Pola Aliran UMH Fisik Setelah Pemasanga Krib pada Debit $Q_{10th}$ (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 127

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 4. 58 Pola Aliran UMH Fisik Setelah Pemasanga Krib pada Debit $Q_{25th}$ (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 127
Gambar 4. 59 Kondisi Geometri Sungai Awal Pemodelan UMH Fisik (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 128
Gambar 4. 60 Kondisi Geometri Sungai Akhir Pemodelan UMH Fisik (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 128
Gambar 4. 61 Kondisi Sedimentasi di Depan Bangunan Krib (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 129
Gambar 4. 62 Desain Cetakan Boks Beton IPR (Sumber: Desain Balai Litbang Sungai)..... 132
Gambar 4. 63 Desain Boks Beton IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai) ..... 133
Gambar 4. 64 Skema Penulangan Boks IPR (Sumber: Balai Litbang Sungai).. 134
Gambar 4. 65 Lokasi Pencetakan Boks IPR (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 134
Gambar 4. 66 Pekerjaan Pembesian (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 135
Gambar 4. 67 Pekerjaan Pencetakan Boks Beton (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 135
Gambar 4. 68 Dokumentasi Pekerjaan Pemasangan Cerucuk Bambu..... 140
Gambar 4. 69 Pekerjaan Mobilisasi Boks IPR (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 140
Gambar 4. 70 Pekerjaan Pemasangan Boks IPR (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 141
Gambar 4. 71 Pekerjaan Pasangan Batu (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 141
Gambar 4. 72 Pekerjaan Urugan Tanah (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai)..... 142
Gambar 4. 73 Kondisi Final Pekerjaan Prototipe IPR (Tampak Dari Hulu) (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 142
Gambar 4. 74 Kondisi Final Pekerjaan Prototipe IPR (Tampak Dari Hilir) (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 143

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENERAPAN TEKNOLOGI INTERLOCKING PERMEABLE REVETMENT (IPR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR HYBRID DALAM PEMELIHARAAN TANGGUL DAN EKOSISTEM SUNGAI JELOK, DUSUN MEDHOLE, DESA SIRNOBOYO, KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**
Anton Sujarwo, Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng ; Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. ; Lava Himawan, S.T
**Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 4. 75 Kondisi Situasi Final Prototipe IPR Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai..... 143
Gambar 4. 76 Dokumentasi Pengukuran Geometri Pasca Konstruksi IPR (Sumber: Dokumentasi Balai Litbang Sungai) ..... 146
Gambar 4. 77 Titik Tinjau Evaluasi Pergerakan Pelindung Tebing IPR (*Revetment*) (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 147
Gambar 4. 78 Titik Tinjau Evaluasi Pergerakan Pelindung Tebing IPR (Krib) (Sumber: Balai Litbang Sungai)..... 148
Gambar 4. 79 Titik Tinjau Evaluasi Perubahan Morfologi Sungai (Sumber: Balai Litbang Sungai) ..... 149
Gambar 4. 80 Kondisi Tebing Setelah di Pasangi IPR 2019 (Sumber: Google Earth) ..... 153
Gambar 4. 81 Kondisi Tebing 3 Tahun Setelah IPR Terpasang 2022 (Sumber: Google Earth) ..... 153
Gambar 4. 82 Kuncian Pasangan Batu Runtuh (Sumber: Google Earth) ..... 154
Gambar 4. 83 Tampak Depan Kondisi Lereng (Sumber: Dokumentasi Pribadi) ..... 154
Gambar 4. 84 Rongga IPR menjadi tempat tinggal Flora Fauna (Sumber: Dokumentasi Pribadi)..... 155