

BAB. 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang pengelolaannya dilakukan secara menyeluruh, terpadu, dan berwawasan lingkungan hidup untuk mewujudkan kemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat (Pemerintah Republik Indonesia, 2019). Sungai adalah alur atau wadah air alami atau buatan yang berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh tebing sungai (Sosrodarsono and Tominaga, 1989). Menurut Murata (1983) pengertian sungai adalah suatu badan air atau sumber daya alam di dalam sistim jaringan pembuang yang berisi air dari hulu ke pantai dengan tanggul di kanan dan kirinya.

Fungsi sungai yaitu menampung dan menyediakan air, mengalirkan, memperbaiki kualitas air dan membangkitkan ekosistem (Pemerintah Republik Indonesia, 2011). Fungsi sungai dapat ditingkatkan dengan pengelolaan sungai yang optimal. Salah satu pengelolaan sungai adalah melalui restorasi sungai. Permasalahan yang ditangani dalam restorasi sungai salah satunya adalah penanganan kerusakan tebing yang umumnya diselesaikan dengan struktur bangunan. Salah satu alternatif penanganan kerusakan tebing yang lain adalah dengan pendekatan biologi atau vegetasi. Metode ini lebih ramah lingkungan dan sesuai dengan restorasi sungai.

1.1.1 Pengelolaan Sungai Melalui Restorasi Sungai

Sungai yang merupakan sumber kehidupan bagi mahluk hidup memerlukan pengelolaan berupa operasi dan pemeliharaan yang baik (Maddock, 1999). Sungai berperan penting dalam menjaga keberlangsungan ekologi dan lingkungan (Pan et al., 2015). Salah satu upaya pengelolaan sungai adalah kegiatan restorasi sungai. Kegiatan pengembalian kondisi dan fungsi sungai dapat dilakukan dengan restorasi sungai (Pan et al., 2016). Restorasi sungai adalah kegiatan pengembalian ekosistem aliran sungai yang telah terdegradasi, ke arah yang mendekati potensi alamiah sungai (Shields et al., 2003). Sedangkan proses restorasi sungai adalah rangkaian upaya pemeliharaan sungai yang terus-menerus dan berkelanjutan, yang memerlukan waktu yang lama. Berbagai kegiatan praktis pelaksanaan restorasi sungai telah dilakukan di beberapa negara maju. Salah satu

kegiatan restorasi sungai sudah dilaksanakan di Amerika yang dimulai sejak tahun 1990 (Miller and Kochel, 2010), kegiatan restorasi yang dilaksanakan antara lain pembangunan 558 lokasi bangunan infrastruktur restorasi sungai guna perlindungan erosi tebing, menjaga penampang sungai maupun meningkatkan habitat ikan.

Restorasi sungai adalah kegiatan yang dapat memiliki berbagai tujuan yang berbeda. Wheaton (2005) mendeskripsikan ada 9 tipe tujuan merestorasi sungai yaitu: (1) mengembalikan ekosistem; (2) mengembalikan habitat sungai; (3) pengendalian banjir; (4) pengembalian dataran banjir; (5) perlindungan tebing; (6) pengelolaan sedimen; (7) peningkatan kualitas air; (8) estetika; dan (9) rekreasi. Kegiatan-kegiatan tersebut dilaksanakan pada penggal atau segmen suatu ruas sungai dari keseluruhan kawasan sungai. Pagliara and Chiavaccini (2006) mendeskripsikan berbagai tujuan restorasi yang pernah dilaksanakan yang dapat berupa salah satu atau kombinasi dari kegiatan-kegiatan : (1) stabilisasi sungai; (2) peningkatan kualitas air; (3) penguatan habitat; (4) perbaikan keaneka ragam hayati; (5) peningkatan jumlah dan kualitas ikan; (6) estetika; serta (7) kegiatan rekreasi.

Menurut Kondolf et al. (2007) berdasarkan jumlah kegiatan restorasi sungai yang sudah dilaksanakan, ada 3 jenis kegiatan restorasi yang paling sering dilakukan yaitu: pengelolaan kualitas air, pengelolaan kawasan dan perbaikan stabilitas lereng dan tanggul. Berdasarkan kajian dari 4.023 buah kegiatan restorasi sungai-sungai di California, Amerika Serikat selama 25 tahun lebih (data sampai dengan tahun 2007) dapat diurutkan 3 (tiga) buah kegiatan restorasi yang paling sering dilaksanakan yaitu sebagai berikut: (1) pengelolaan kualitas air sebesar 20%; (2) kegiatan pengelolaan kawasan sungai sebesar 15%; dan (3) kegiatan peningkatan perbaikan stabilitas tanggul sebesar 13%. Lebih lanjut berdasarkan besarnya jumlah biaya yang dipergunakan maka ditemukan 3 kelompok alokasi penggunaan dana terbesar yaitu: (1) kegiatan pengelolaan kawasan sungai sebesar 25%; (2) kegiatan pengelolaan kualitas air sebesar 24 %; dan (3) kegiatan perbaikan stabilitas tanggul dan tebing sungai sebesar 12 %. Dengan demikian upaya perlindungan tebing dan tanggul sungai merupakan salah satu kegiatan utama proses restorasi sungai di California.

1.1.2 Bangunan Perlindungan Tebing yang Ramah Lingkungan

Perlindungan tebing adalah bangunan untuk melindungi tebing atau lereng sungai dengan mengontrol stabilitas lereng atau mengurangi erosi lereng (Wheaton, 2005). Berdasarkan

jenis perlindungannya maka perlindungan tebing dikelompokkan menjadi 2 (dua) cara yaitu dengan struktur bangunan (*hard measures*) dan dengan pendekatan biologis menggunakan tanaman pelindung tebing (*soft measures*). Perkembangan di negara maju menunjukkan perubahan kebijakan investasi pelindung tebing yang sesuai proses restorasi sungai menjadi ke arah metode biologis, yaitu dengan menggunakan vegetasi dari tanaman setempat. Pelindung tebing dengan pendekatan biologi atau vegetasi dapat berupa pohon hidup, *lives stakes*, ranting menjalar, penanaman benih/ biji (*Seeding* dan *seed sprising*) serta tanaman rerumputan. Pelindung tebing yang konvensional dengan struktur bangunan antara lain berupa bangunan *krib*, *revetment*, dinding penahan, turap, pelapisan perkuatan maupun tumpukan blok beton. Pada saat sekarang ini, kedua jenis pelindung tebing umumnya diterapkan secara terpisah.

Keunggulan pembangunan pelindung tebing menggunakan struktur bangunan terletak pada kecepatan pelaksanaan dan hasilnya mudah terukur. Sedangkan keunggulan penggunaan vegetasi adalah lebih ramah lingkungan. Salah satu contoh penggunaan pelindung tebing dengan teknologi ramah lingkungan di Indonesia adalah konstruksi *krib* bambu (Budinetto, 2006). Konstruksi Pelindung tebing dengan *krib* bambu telah diuji coba di Sungai Andong di Desa Kawu, Kecamatan Kedungalar, Kabupaten Ngawi dengan hasil yang baik. Hasil uji coba ini berhasil melindungi gerusan di tebing sungai dan menghasilkan endapan yang kemudian banyak ditumbuhi rumput liar dan pepohonan di lokasi penempatan *krib* bambu.

Konstruksi pelindung tebing dengan struktur bangunan saat ini memiliki kecenderungan yang kurang ramah terhadap lingkungan. Konstruksi pasangan batu dan beton mengakibatkan tebing sungai yang dilindungi kurang dapat berinteraksi dengan flora dan fauna di alur sungai, dengan demikian terjadi degradasi ekologi di kawasan sungai. Pelindung tebing dengan konstruksi bronjong batu merupakan konstruksi yang relatif dapat lebih ramah terhadap lingkungan, karena menggunakan material batu yang di tumpuk dan diikat atau ditahan dengan kawat bronjong tidak menggunakan material yang kedap.

Konstruksi bangunan bronjong masih ada keterikatan ekosistem dengan flora dan fauna di alur sungai. Sebagai contoh masih ada vegetasi berupa rerumputan di sela-sela bronjong, masih ada beberapa jenis hewan seperti katak dan ikan yang hidup di sela-sela tumpukan batu. Bangunan bronjong relatif ramah lingkungan karena terdapat banyak

aliran air tanah dari palung sungai ke dalam tebing sungai pada musim kemarau maupun dari tebing kedalam alur sungai pada musim hujan.

Bangunan pelindung tebing dengan struktur bangunan dapat langsung bermanfaat dan mudah terukur keberhasilannya, namun memiliki kerugian merubah ekosistem di ruas sungai. Pada pelindung tebing sungai dengan *bio-engineering*, misalkan dengan menanam tumbuhan perkuatan tebing dan perlindungan erosi, lebih alamiah dan mendukung ekosistem sungai. Namun demikian manfaat metode biologi baru dapat dihasilkan dalam waktu yang relatif lebih lama. Keuntungan dan kerugian masing masing jenis konstruksi tersebut dapat dikurangi dengan pendekatan bio-struktur berupa kombinasi tanaman dan struktur yang disatukan.

Green technology adalah teknologi ramah lingkungan yang dilakukan dengan pendekatan antara lain dengan kombinasi struktur bangunan dan tanaman. Rahardjo et al. (2014) menyatakan bahwa salah satu upaya penerapan konsep teknologi ramah lingkungan adalah pada stabilisasi tebing. Perpaduan struktur konstruksi pelindung tebing dan tanaman seperti bronjong, tumpukan batu *rip-rap*, dan balok beton yang ditumbuhi rerumputan memiliki keunggulan mampu memperkuat stabilitas tebing sekaligus menciptakan embrio ekosistem baru di dalam sistem sungai

1.1.3 Bangunan Pelindung Tebing *Hybrid*.

Bangunan pelindung tebing *hybrid* adalah bangunan struktur pelindung tebing kombinasi metode struktur dan vegetasi. Pelindung tebing *hybrid* berupa *bio-engineering* atau disebut juga bio-struktur adalah jenis konstruksi campuran antara metode struktur dan vegetasi. Pelindung tebing teknologi bio-struktur memiliki keunggulan antara lain mudah dilaksanakan (*low skill*), mudah terukur keberhasilannya (*measurable*) dan lebih ramah lingkungan (*environment friendly*). Salah satu contoh jenis pelindung tebing campuran adalah dengan mengkombinasikan susunan/ tumpukan batu (*rip-rap*) atau balok beton yang di sela-selanya ditanami dengan tanaman rerumputan (Pan et al., 2016). Konstruksi pelindung tebing struktur berupa tumpukan susunan batu *rip-rap* maupun balok beton yang dikombinasikan dengan rerumputan adalah tetap bersifat struktur bangunan namun memiliki harmoni lingkungan ruas sungai sehingga memiliki banyak keunggulan dari aspek ekologi. Kelemahan dari uji coba Pan et al. (2016) ini adalah tidak ada ikatan antara struktur dengan vegetasi sehingga bangunan pelindung tebing yang diuji tidak memiliki kesatuan struktural.

Uji coba Pan et al. (2016) belum menyatukan struktur bangunan dan tanaman. Untuk kesatuan struktural maka dapat dimungkinkan dengan membuat lubang pada material konstruksi dan lubangnya dapat ditanami. Dengan adanya tanaman di dalam lubang material konstruksi diharapkan akarnya dapat menjalin dan mengikat material struktur menjadi satu kesatuan yang masif. Penggunaan akar tanaman untuk mengikat material konstruksi dapat untuk menggantikan fungsi mortar (semen-pasir) pada struktur bangunan konvensional. Dengan menyatukan tanaman dan material konstruksi maka kelemahan ujicoba Pan et al. (2016) dapat diperbaiki. Perbaikan utamanya adalah bukan sekedar hanya menyusun batu *rip-rap* atau balok beton yang di sela-selanya ditanami akan tetapi menyatukan dan mengikat tumpukan material konstruksi tersebut menggunakan akar tanaman. Penggunaan batu kali dan beton dapat digantikan dengan material yang lain yaitu batu bata. Tumpukan batu bata dari bahan tanah lempung yang dibakar dan ditanami rumput akan berfungsi sebagai pelindung tebing yang lebih ramah lingkungan dan mengurangi pemakaian semen.

Batu bata yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis batu bata *interlock* yang didalamnya dirancang ada lubang-lubangnya. Kelebihan batu bata *interlock* adalah ditengah bata terdapat lubang dan terdapat kait berupa tonjolan dan lekukan pada kedua sisi atas dan bawah untuk digunakan sebagai pengait (*locking*) antar bata. Bata *interlock* yang dijual di pasar umumnya terbuat dari bahan campuran pasir-semen. Batu bata *interlock* umumnya dicetak seperti mencetak *paving block*. Batu bata *interlock* pada penelitian ini dibuat dari material tanah lempung yang dicetak dan kemudian dibakar sebagaimana material batu bata dinding atau genteng tanah secara konvensional.

Penggunaan tanaman di sela-sela batu bata bisa menggunakan tanaman rumput. Wardoyo and Priyono (1996) melakukan penelitian jenis tanaman rumput yang dapat digunakan untuk pengendalian erosi tanah. Adapun beberapa jenis rumput yang diteliti sebagai tanaman konservasi tanah adalah: 1) Rumput Akar wangi (*Vetivera zizanoides*); 2) Rumput Bebe (*Brachiaria brizantha*); 3) Rumput Bahia (*Paspalum notatum*); 4) Rumput Setaria (*Setaria sphacelata*); 5) Rumput Raja (*Pennisetum purpureoides*); dan 6) Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*). Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa tanaman rumput akar wangi memberikan hasil yang paling baik dalam mereduksi erosi. Tanaman akar wangi sudah sejak lama banyak dibudidayakan untuk dipanen akarnya sebagai komoditas kerajinan tangan.

Rumput akar wangi memiliki keunggulan sebagai tanaman tropis sejenis rumput-rumputan yang berukuran besar yang dapat tumbuh lebih kuat dibandingkan rumput yang lain (Kadek, 2012). Keunggulan tanaman akar wangi telah banyak diteliti karena akar tanaman yang relatif kuat dan panjang yang berfungsi sebagai angkur (Eab et al., 2015). Keunggulan lainnya adalah memiliki fungsi menyerap limbah logam berat (Banerjee et al., 2016). Raman & Gnansounou (2015) menyatakan bahwa kelebihan daun tanaman akar wangi dapat menghasilkan kadar *bioetanol* yang baik.

Akar wangi memiliki banyak manfaat sebagai tanaman konsevasi terutama karena akar yang panjang masuk ke dalam tanah yang memperkuat kestabilan tanah terhadap erosi. Keunggulan akar yang kuat dan panjang dapat digunakan sebagai angkur guna menambah kemampuan lereng dalam menahan longsor. Dengan dasar tersebut maka tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman akar wangi yang difungsikan sebagai pengikat antar batu bata. Penggunaan akar rumput untuk mengikat material konstruksi berupa batu bata, beton atau batu kali dilakukan dengan melubangi material konstruksi. Lubang-lubang tersebut dapat diisi oleh akar guna mengikat material konstruksi sebagai pengganti mortar. Ikatan akar tanaman yang berfungsi sebagai mortar belum dilakukan pada penelitian sebelumnya.

Penggunaan material batu bata *interlock* dan tanaman akar wangi dimungkinkan dapat digunakan sebagai bangunan pelindung tebing sungai. Penelitian pelindung tebing berbahan batu bata *interlock* yang dikombinasikan dengan tanaman rerumputan berupa tanaman akar wangi sangat menarik dan layak untuk dilakukan. Konstruksi *hybrid* ini tepat digunakan terutama di daerah perdesaan di bagian hulu ruas sungai yang memiliki keterbatasan material konstruksi beton atau pasangan batu kali. Konstruksi sederhana ini dapat menjadi solusi perlindungan tebing yang sederhana, kuat, berfungsi lama, bersifat ramah lingkungan, dan mendukung ekosistem yang sesuai dengan proses restorasi sungai.

1.2 Identifikasi Masalah

Bangunan prasarana sungai pada umumnya berupa struktur yang menggunakan material konstruksi seperti pasangan batu, beton atau baja. Salah satu bangunan prasarana sungai yang banyak dibangun di lapangan adalah bangunan pelindung tebing sungai. Jenis bangunan pelindung tebing dengan metode struktur antara lain *revetment*, bronjong, krib, parapet, dan *sheet pile*. Bangunan pelindung tebing yang lain adalah metode *non-struktur* yang dilakukan dengan vegetasi atau pendekatan biologi antara lain seperti pemancangan

krib berbahan terucuk bambu, penanaman tanaman perkuatan lereng dan penahan erosi dan pemasangan pancang dari kayu/dolken. Contoh lain metode *non*-struktur adalah pemanfaatan *hydro seeding* untuk perlindungan tebing jalan tol di Kabupaten Batang.

Pelindung tebing metode *non*-struktur (teknologi vegetasi) lebih mengedepankan konsep teknologi yang ramah lingkungan. Bangunan pelindung tebing kombinasi metode struktur dan *non*-struktur dapat dilakukan dengan menggunakan material batu bata yang di sela-selanya ditanami dengan tanaman. Batu bata *interlock* yang lubangnya ditanami akar wangi sebagai bangunan *hybrid* dapat menjadi suatu bangunan yang menyatu. Penggunaan akar untuk mengikat material konstruksi sebagaimana mortar masih sangat terbatas.

Pada penggunaan batu bata *interlock* dan tanaman akar wangi sebagai bangunan *hybrid* ini perlu diketahui kriteria teknis batu bata, bentuk dan spesifikasi teknis batu bata *interlock*, susunan batu bata *interlock* yang dapat meningkatkan kestabilan konstruksi pelindung tebing terhadap longsor, termasuk pengaruh kombinasi batu bata dengan tanaman akar wangi pada kestabilan konstruksi, maupun pengaruh bangunan pada proses restorasi sungai, serta mengetahui metode pembangunannya. Harapannya melalui eksperimen pengujian di laboratorium dan pengujian *prototype* di lapangan akan ditemukan jenis teknologi pelindung tebing baru yang tepat guna, sederhana, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi di perdesaan, serta mudah dilaksanakan.

1.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana bentuk batu bata *interlock* yang bisa dikombinasikan dengan tanaman akar wangi untuk konstruksi pelindung tebing?.
- 2) Bagaimana spesifikasi teknis batu bata *interlock* untuk konstruksi pelindung tebing?.
- 3) Bagaimana formasi dan konfigurasi susunan batu bata *interlock* yang berfungsi meningkatkan kestabilan konstruksi pelindung tebing terhadap longsor?.
- 4) Bagaimana pengaruh tanaman akar wangi pada perkuatan bangunan pelindung tebing batu bata *interlock*?.
- 5) Bagaimana pengaruh konstruksi bangunan pelindung tebing batu bata *interlock* dengan perkuatan tanaman akar wangi terhadap proses restorasi sungai?.
- 6) Bagaimana pedoman pembangunan konstruksi pelindung tebing batu bata *interlock* dengan tanaman akar wangi?.

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan penelitian bangunan pelindung tebing batu bata *interlock* yang diperkuat dengan tanaman akar wangi (*Vetivera zizanoides*) di laboratorium dan di lapangan sebagai dasar untuk membuat pedoman konstruksi pelindung tebing batu bata *interlock* dan tanaman akar wangi.

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menemukan bentuk batu bata *interlock* yang bisa dikombinasikan dengan tanaman akar wangi untuk konstruksi pelindung tebing.
- 2) Menemukan spesifikasi teknis batu bata *interlock* untuk konstruksi pelindung tebing.
- 3) Menemukan formasi dan konfigurasi susunan batu bata *interlock* yang berfungsi meningkatkan kestabilan konstruksi pelindung tebing terhadap longsor.
- 4) Menemukan pengaruh tanaman akar wangi pada perkuatan bangunan pelindung tebing batu bata *interlock*.
- 5) Menemukan pengaruh konstruksi bangunan pelindung tebing sungai batu bata *interlock* dengan perkuatan akar wangi terhadap proses restorasi sungai.
- 6) Menghasilkan pedoman untuk membangun konstruksi pelindung tebing sungai batu bata *interlock* dengan tanaman akar wangi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk:

- 1) Menemukan bangunan pelindung tebing *hybrid* dengan material batu bata *interlock* dan tanaman akar wangi.
- 2) Menemukan pedoman pembangunan konstruksi pelindung tebing sungai batu bata *interlock* dengan perkuatan tanaman akar wangi.
- 3) Menginisiasi penggunaan akar tanaman untuk mengikat dan menyatukan material bangunan sebagaimana fungsi mortar.
- 4) Memberikan sumbangan pengetahuan teknologi tepat guna pada pembangunan pelindung tebing yang mendukung proses restorasi sungai.
- 5) Menjadi dasar bagi penelitian-penelitian berikutnya dalam pengembangan pelindung tebing ramah lingkungan.

1.6 Pembatasan Penelitian

Pembatasan penelitian pelindung tebing batu bata *interlock* dengan tanaman akar wangi adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan pada perkuatan tebing ruas sungai dengan menggunakan material batu bata *interlock* dan pengaruh tanaman akar wangi pada usia tanam antara 6 bulan sampai 12 bulan.
- 2) Indikator aspek hidrolika yang ditinjau adalah kecepatan aliran yang bisa terukur dari kejadian banjir pada musim hujan pada saat usia tanaman 12 bulan, penelitian ini tidak meninjau indikator-indikator lain seperti turbulensi aliran dan gerusan di konstruksi bata, indikator sosial dan masyarakat, serta indikator operasi dan pemeliharaan bangunan pelindung tebing sungai.
- 3) Formasi cara menata batu bata *interlock* dibatasi pada kondisi tegak untuk ketebalan 3 batu bata sebagaimana yang akan dibangun di lapangan. Formasi perletakan batu bata pada berbagai kemiringan dilakukan dengan formasi A.
- 4) Konfigurasi tumpukan batu bata *interlock* kondisi tegak ditentukan dengan ketebalan 3 bata dan 3 menggunakan lapis formasi tumpukan, pada lapis ke 4 di atasnya kembali kepada formasi awal. Tidak menguji seluruh kemungkinan variasi konfigurasi tumpukan. Pemilihan alternatif konfigurasi tumpukan yang diuji coba didasarkan kepada komposisi formasi terbaik hasil pengujian menggunakan "lego"
- 5) Tanaman akar wangi yang digunakan adalah akar wangi (*Vetivera zizanoides*) yang biasanya ditanam untuk pengendalian erosi permukaan tanah, pengamatan usia tanaman sampai pada usia 12 bulan.
- 6) Tidak dilakukan penelitian pertumbuhan panjang akar tanaman akar wangi dan sistim ikatan akar tanaman (*joint*) dalam mengikat konfigurasi tumpukan bata.
- 7) Tidak dilakukan penelitian laju kekuatan akar dan daun tanaman akar wangi dalam menahan gaya angkat air, gaya tarik oleh air dan benturan dari material keras yang hanyut dan membentur bangunan.
- 8) Tidak dilakukan pengujian pada lokasi di daerah pantai dengan salinitas yang tinggi.
- 9) Parameter hidrolika yang diukur adalah kecepatan aliran di dekat bangunan pelindung tebing. Lokasi pengukuran kecepatan dari terjunan adalah pada jarak mulai 2 sampai 8 meter dari kaki terjunan.
- 10) Pengamatan ekologi di lokasi bangunan dibatasi pada jenis flora dan fauna yang berada di lokasi penelitian selama 12 bulan sejak ditanam akar wangi.
- 11) Respon berupa tanggapan masyarakat dibatasi kepada petani disekitar lokasi bangunan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistim penulisan dalam penyusunan penelitian disertasi ini disajikan sebagai berikut:

- Bab 1. Pendahuluan berisi informasi latar belakang penelitian, identifikasi masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan dan manfaat hasil penelitian sampai dengan pembatasan penelitian serta sistematika penulisan.
- Bab 2. Kajian pustaka dan kerangka berpikir. Pada bab 2 berisi uraian penelitian terdahulu, uraian tentang restorasi sungai, bangunan pelindung tebing, tanaman pelindung tebing, hipotesis dan kerangka pikir penelitian serta kebaruan penelitian.
- Bab 3. Metode penelitian yang berisi uraian mengenai desain penelitian, langkah-langkah dan tahapan penelitian, penentuan lokasi penelitian, skenario pengujian laboratorium dan desain bangunan, pengambilan data, variabel dan instrumen penelitian.
- Bab 4. Hasil analisis data yang berisi uraian hasil-hasil pelaksanaan penelitian yang meliputi pengujian material bata *interlock*, pengujian susunan ketebalan dan susunan formasi peletakan, konfigurasi tumpukan batu bata, desain bangunan pelindung tebing, pengujian kemampuan menahan kecepatan aliran, pengujian kekuatan akar dalam menahan gaya tarik serta analisis hasil pengujian di lapangan.
- Bab 5. Pembahasan hasil penelitian berupa uraian interpretasi, diskusi dan komparasi penelitian terdahulu dengan hasil penelitian yang dilakukan, meliputi material batu bata *interlock*, kekuatan batu bata *interlock*, spesifikasi teknis bangunan pelindung tebing batu bata *interlock*, pengaruh tanaman akar wangi, serta tatacara pembangunan pelindung tebing batu bata *interlock* yang diperkuat tanaman akar wangi.
- Bab 6. Kesimpulan dan Saran yang berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran yang ditujukan bagi penelitian lanjutan.