

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri, jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Morfologi sungai memiliki keterkaitan antara sifat dinamik sungai dengan lingkungannya. Menurut letak geografis, karakteristik alur sungai terdiri atas bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir. Bagian hulu ditandai dengan adanya penggerusan dasar sungai, kemiringan dasar sungai yang curam, material dasar sungai berupa pasir-boulder, aliran deras, penampang sempit dan curam. Bagian tengah ditandai dengan penggerusan tebing, alur bermeander, material lempung-pasir, kemiringan dasar sungai relatif. Kemudian bagian hilir ditandai dengan adanya sedimentasi di dasar sungai, terjadi pembentukan delta, kemiringan dasar sungai landai dan penampang lebar.

Hidrolika yang berkaitan dengan perubahan morfologi sungai diantaranya adalah elevasi muka air atau tinggi air, kecepatan aliran dan tegangan geser aliran. Hidrolika memiliki berkaitan dengan dua proses penting dalam sungai yaitu erosi dan pengendapan. Hal tersebut dipengaruhi oleh jenis aliran air pada sungai yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar yaitu ketika air mengalir dengan lambat, partikel akan bergerak ke dalam arah paralel terhadap sungai. Aliran turbulen adalah kondisi ketika kecepatan aliran berbeda pada bagian atas tengah, bawah, depan dan belakang dalam saluran sebagai akibat adanya perubahan friksi, yang mengakibatkan perubahan gradien kecepatan. Erosi terjadi pada dinding ataupun dasar sungai dibawah kondisi aliran yang bersifat turbulen. Pengendapan akan terjadi jika material yang dipindahkan jauh lebih besar untuk digerakkan oleh kecepatan dan kondisi aliran. Pada kondisi aliran turbulen erosi akan terjadi akibat terbawanya material dan pengendapan terjadi ketika hasil erosi tersebut bergerak ke hilir dan tidak terpindahkan lagi oleh aliran.

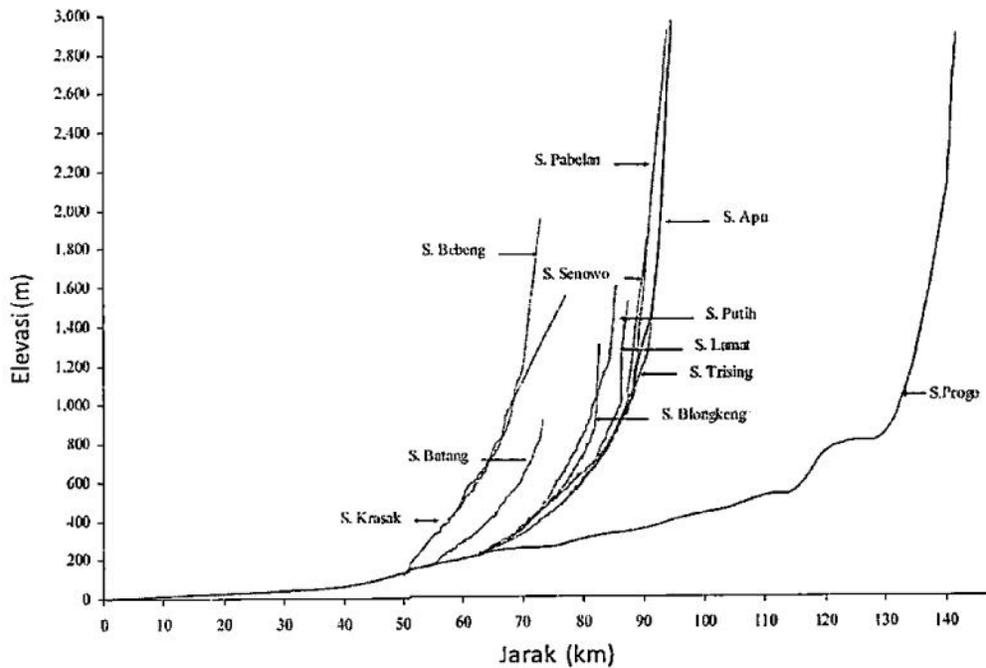
## B. Erosi dan Sedimentasi Sungai Vulkanik

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah sungai yang dipisahkan dari wilayah lain oleh pemisah topografi yang berupa punggung bukit, dimana air hujan yang jatuh dalam wilayah tersebut mengalir dan meresap menuju ke suatu sungai dan bermuara di laut. (Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial No. P.3/V-SET/2013). Karakteristik DAS dengan hulu di Gunung Merapi adalah hulu sungai dengan kemiringan yang terjal dan hilir kemiringan kecil. Air bergerak ke hilir karena pengaruh gaya gravitasi, sehingga semakin besar kemiringan semakin besar pula kecepatan aliran dan potensi erosi dasar sungai di sebelah hulu. Hal ini menyebabkan terjadinya tebing-tebing sungai yang cenderung tinggi.

Kemiringan dasar Sungai Progo dan anak-anak sungainya dapat dilihat pada Gambar 2.1. Hasil letusan Gunung Merapi menumpuk di Kali Pabelan, Kali Blongkeng dan Kali Putih. Volume sedimen yang dihasilkan dari erupsi Merapi dan tertimbun di daerah sungai sebagian akan terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Karena di daerah pegunungan memiliki kemiringan sungai yang curam mengakibatkan gaya tarik aliran air yang cukup besar. Tetapi setelah aliran sungai mencapai bagian yang lebih landai maka gaya tariknya mengalami penurunan. Sehingga beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur mengalami pengendapan. Dengan melihat kemiringan dasar sungai dan endapan sedimen di anak Sungai Progo dapat disimpulkan bahwa sedimen yang terbawa aliran di anak Sungai Progo memiliki daya rusak yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh potensi energi yang dimiliki oleh endapan sedimen.

Schumm (1971) mengklasifikasikan sungai dalam dua grup mayor. Grup pertama adalah grup sungai dengan dasar sungai bebatuan dan grup sungai alluvial. Pada grup pertama perubahan *layout plan* sungai sangat lambat karena tebing dan dasar sungai umumnya bebatuan. Sedangkan grup yang kedua adalah sungai dengan potensi perubahan geometri sungai besar. Hal ini disebabkan karena material dasar dan tebing sungai terbentuk oleh material endapan yang mudah tererosi. Dari peta karakteristik topografi DAS Sungai Progo, Manonama (2003) menyebutkan bahwa karakteristik anak Sungai Progo adalah termasuk

dalam kategori grup satu, yaitu sungai dengan dasar bebatuan (*bedrock controlled channel*) dan alur sungai mulai dari Sungai Progo bagian tengah sampai dengan muara adalah tergolong dengan sungai alluvial. Dasar dan tebing sungai alluvial mempunyai potensi yang besar dalam hal proses erosi tebing sungai. (Hooke, 1979; 1985; Schumm, 1985). Erosi tebing sungai merupakan fenomena sungai yang menyebabkan perubahan geometri. Pada lokasi tertentu erosi tebing sungai menjadi ancaman bagi keberlangsungan infrastruktur sungai. Pada kenyataannya proses erosi tebing sungai ini kurang diperhatikan oleh sebagian para engineer dalam membangun suatu bangunan sungai atau bangunan yang berada di sungai.

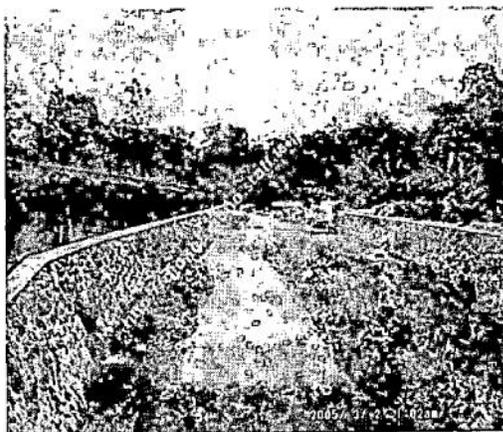


Gambar 2.1 Kemiringan dasar sungai dan anak Sungai Progo

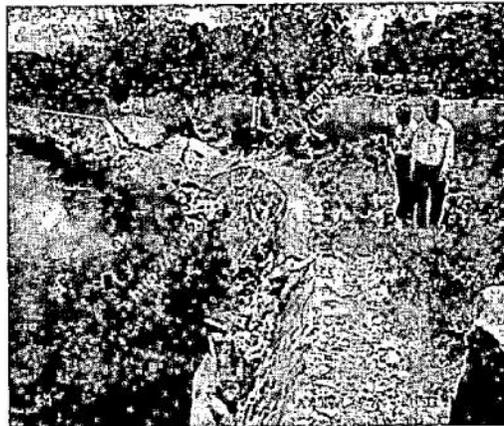
Erosi tebing sungai dapat dipicu oleh proses geologi, geomorfologi dan proses hidrolika. Ada hubungan yang erat antara ketiga proses tersebut. Ketiga proses tersebut sangat erat kaitannya dengan proses angkutan sedimen di sungai. Sehingga proses erosi tebing sungai sangat erat kaitannya dengan proses sedimen transpor di sungai. Dengan demikian penanganan erosi tebing sungai tidak hanya sekedar membangun konstruksi yang ditunjukkan untuk membuat tebing menjadi

lebih kokoh, akan tetapi pengaruh hidrolika dan sedimen transpor juga harus diperhatikan.

Sebagai contoh sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.2. (a) Pada gambar tersebut dilakukan pembuatan konstruksi dinding penahan tebing suatu sungai yang terbuat dari pasangan batu. Dasar sungai yang berupa pasir dan geometri sungai yang cenderung berbelok membuat sungai membentuk formasi *sand bar* di tengah-tengah sungai. Perubahan geometri tersebut akhirnya merubah pola aliran sungai. *Sand bar* yang ada membelokan arah aliran sehingga aliran pada sisi kanan sungai menjadi lebih cepat. Hal ini menyebabkan tegangan geser dasar sungai juga semakin besar dan yang terjadi tegangan geser ini mampu membawa material dasar di kaki pasangan batu penahan tebing. Selanjutnya dasar sungai di kaki dinding penahan tebing mengalami erosi sehingga konstruksi tidak mempunyai landasan yang kuat dan stabil. Hal ini menyebabkan keruntuhan atau kegagalan konstruksi seperti dapat dilihat pada Gambar 2.2 (b). Melihat kejadian yang sederhana tersebut, dapat disimpulkan bahwa sebagian para *engineer* atau praktisi kurang memperhatikan proses sedimentasi dan erosi pada sungai hubungannya dengan kestabilan konstruksi bangunan sungai.



(a)



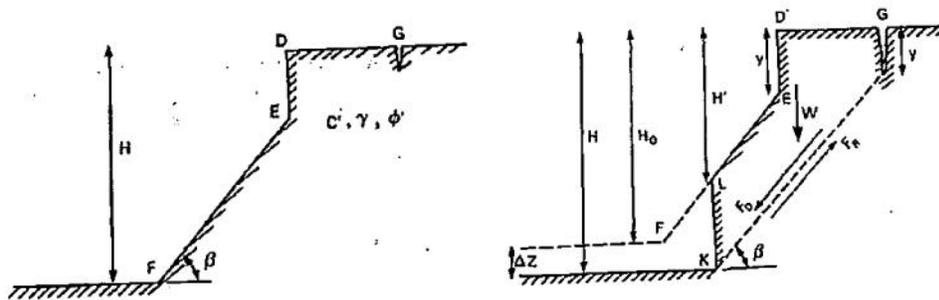
(b)

Gambar 2.2 Kegagalan konstruski dinding penahan tebing sungai

(Photo courtesy: Djoko Legono)

Proses erosi tebing sungai dari sungai alluvial diteliti oleh Osman dan Thorne (1988). Dalam perkembangannya konsep erosi tersebut dikembangkan oleh Darby dan Thorne (1996) serta Duan, (2005). Pada konsep ini erosi pada kaki tebing sungai menyebabkan tinggi relative awal ( $H_0$ ) menjadi bertambah ( $H$ ) dan menjadikan energi potensial dari material tebing dengan berat  $W$  bertambah. Sehingga ketika gaya geser  $F_r$  kurang dari gaya yang ditimbulkan oleh  $W$  maka tebing sungai akan longsor dan terjadilah proses erosi tebing sungai. Dengan kata lain proses terjadinya degradasi dasar sungai akan memicu terjadinya erosi tebing sungai.

Penelitian tentang pengaruh pergerakan *bedload transport* dalam kaitannya dengan pengaruh bed degradasi sudah dilakukan oleh Kamphuis (1990), Thompson dan Amos (2004). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya *bedload transport* menyebabkan kenaikan dan penurunan tegangan geser dasar di permukaan dasar sungai. Kenaikan tegangan geser dapat menyebabkan terjadinya degradasi begitu pula sebaliknya. *Bedload transport* dalam aliran akan memakai energi aliran. Karena energi aliran tersebut sebagian berubah menjadi energi gerak pada material *bedload*, maka kecepatan aliran akan berkurang. Di sisi lain pergerakan material *bedload* juga menimbulkan energi gerak. Energi ini yang dapat memicu erosi dasar sungai (Carbonneau and Bergeron, 2000). Penurunan tegangan geser dapat menyebabkan aggradasi dasar sungai. Seperti dijelaskan di atas, bahwa degradasi sungai dapat menyebabkan terjadinya erosi tebing sungai.

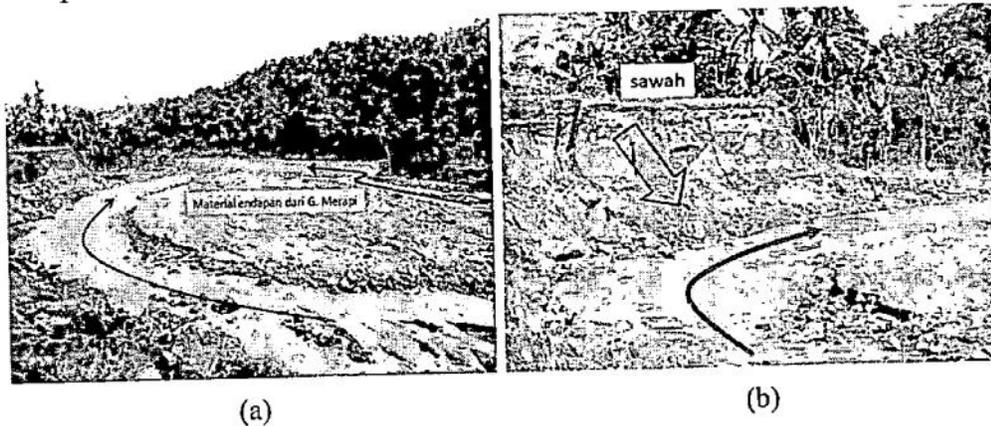


(a) Tebing kondisi awal

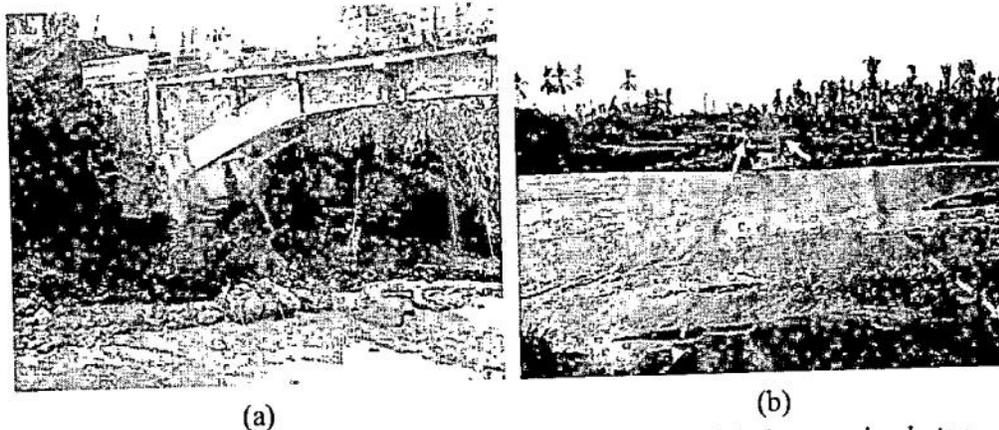
(b) Tebing kondisi saat akan terjadi erosi

Gambar 2.3 Proses terjadinya erosi tebing sungai oleh Osman and Thorne (1988)

Pada Gambar 2.4, (a) dapat dilihat endapan lahar yang terdapat di Kali Putih. Pada kondisi tertentu endapan tersebut merubah pola aliran. Pada Gambar 2.4 (b) menunjukkan terjadinya erosi tebing sungai yang menyebabkan sebagian area persawahan di pinggir Kali Putih tererosi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa material lahar yang terbawa oleh aliran tidak hanya menyebabkan endapan-endapan sedimen, akan tetapi memicu terjadinya erosi tebing sungai juga.



Gambar 2.4 Kondisi Kali Putih setelah erupsi Merapi (a) Material endapan dari lahar (b) Erosi tebing sungai di Kali Putih



Gambar 2.5 Erosi pada jembatan Srowol (a) Erosi pada sisi abutmen jembatan, (b) Putusnya jembatan Srowol

Kasus erosi yang disebabkan aliran debris akibat lahar dingin adalah runtuhnya jembatan Srowol di Sungai Pabelan. Peristiwa ini terjadi sebulan

setelah terjadinya letusan Gunung Merapi 2010. Energi membuat material dasar di sekitar abutmen jembatan terbawa aliran. Sehingga abutmen tidak mempunyai fondasi yang kuat dan akhirnya *bedload transport* konstruksi jembatan runtuh dan terbawa arus sungai.

### C. Keaslian Penelitian

Sungai Progo yang melintas dari sisi Utara sampai sisi Selatan Yogyakarta merupakan sungai vulkanik yang morfologinya berubah dengan cepat setelah terjadinya letusan Gunung Merapi. Jembatan yang melintang pada sungai di antaranya, Jembatan Srandakan, Jembatan Bantar, Jembatan Rel Kereta Bantar, Jembatan Kebon Agung I dan II. Konstruksi jembatan yang terdapat pada sungai tersebut harus dikelola dengan baik untuk keberlangsungan struktur. Kondisi hidrolika yang terjadi akibat perubahan morfologi sungai merupakan hal yang penting untuk diketahui. Hidrolika pada sungai memiliki keterkaitan dengan permasalahan agradasi/sedimentasi dan degradasi/erosi tebing dan dasar sungai, terutama pada daerah sungai vulkanik yang memiliki angkutan sedimen yang tinggi. Belum adanya informasi tentang kondisi hidrolika Sungai Progo akibat perubahan morfologi dasar sungai secara potongan memanjang sungai, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan kondisi hidrolika yang terjadi akibat lahar dingin erupsi Gunung Merapi terutama elevasi muka air, kecepatan aliran dan tegangan geser aliran. Kemudian dilakukan pemetaan tata guna lahan dengan proses agradasi dan degradasi yang terjadi secara potongan memanjang sungai untuk memberikan informasi tentang daerah rawan bencana.