

**ANALISIS MORFOLOGI DASAR SUNGAI DI SEKITAR BANGUNAN SABO DAM
STUDI KASUS KALI PABELAN PAC-3 MENGGUNAKAN SOFTWARE IRIC NAYS 2D)**

*(Morphological Analysis Of The River Bed Arround The Building Sabo Dam Study Case
Pabelan River PAC-3 with Simulation Software IRIC Nays 2D)*

Agus Hery Priyanto², Puji Harsanto³, Nursetiawan⁴

INTISARI

Gunung Merapi merupakan gunung teaktif di dunia, khususnya di Indonesia. Pada tahun 2010 yang lalu, terjadi erupsi terbesar dalam sejarah. Material vulkanik yang dimuntahkan mencapai 150 juta m³ dan terdeposit di sekitar gunung.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi hidraulika dan morfologi dasar sungai di sekitar bangunan sabo dam, sebelum ada bangunan sabo dam dan setelah ada bangunan sabo dam. Simulasi menggunakan software I-RIC Versi 2.3.9 6034, input berupa data curah hujan, data eksisting sabo dam, dan data topografi.

Setelah dilakukan simulasi menggunakan software I-RIC Versi 2.3.9 6034, didapatkan kondisi hidraulika dan morfologi dasar sungai sebelum dan sesudah ada bangunan sabo dam, yaitu pada kecepatan aliran, sebelum ada bangunan sabo dam pada tikungan sungai kecepatan aliran mencapai 10 s/d 12 m/s. Setelah ada bangunan sabo dam, kecepatan aliran menurun antara 6 s/d 9 m/s. Pada pola aliran, sebelum ada bangunan sabo dam, pola aliran memusat. Setelah ada bangunan sabo dam pola aliran menyebar atau teratur (laminer). Pada agradasi, sebelum ada bangunan sabo dam, kondisi agradasi cukup tinggi, hingga mencapai 0,5 meter. Setelah ada bangunan sabo dam kondisi agradasi menjadi 0,35 meter. Pada degradasi, sebelum ada bangunan sabo dam antara 0,2 s/d 0,3 meter meyebar pada penampang sungai. Setelah ada bangunan sabo dam kondisi degradasi menurun, terutama 100 hingga 150 meter sebelum bangunan sabo dam, tidak terjadi degradasi. Namun, pada hilir bangunan sabo dam terjadi degradasi mencapai kedalaman 1 meter.

Kata kunci : sabo dam, kecepatan aliran, pola aliran, agradasi, degradasi.

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM : 20120110057, e-mail : agushery1836@gmail.com

³Dosen pembimbing I

⁴Dosen pembimbing II

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geografi Indonesia berada pada titik pertemuan tiga lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik, yang menyebabkan terbentuknya zona subduksi di mana di tandai dengan jajaran gunung api yang membentang dari wilayah Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi hingga Maluku dan dikenal

sebagai *Ring Of Fire*. Salah satu gunung api teraktif di Indonesia adalah Gunung Merapi. Terletak di wilayah propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Memiliki ketinggian 2930 meter dari permukaan laut (pengukuran tahun 2010).

Pada bulan Oktober 2010, terjadi letusan yang sangat besar jika dibandingkan dengan erupsi terbesar Gunung Merapi yang pernah ada dalam sejarah, yaitu tahun 1872 (Subandriyo

2010). Jumlah material sedimen yang telah di muntahkan mencapai sekitar 150 m³. Material sedimen tersebut mengendap di sekitar gunung, dan menjadi sumber material sedimen bagi sungai-sungai dibawahnya, seperti Kali Krasak, Kali Putih, Kali Blongkeng, Kali Pabelan, dan sebagainya.

Pada saat terjadi hujan dalam intensitas yang tinggi, material sedimen bercampur air hujan menciptakan aliran banjir lahar yang akan menjadi bencana bagi bangunan atau infrastruktur di sepanjang alur sungai yang dilalui. Salah satu yang menjadi perhatian adalah Dam Pengendali Sedimen (DPS) atau Sabo Dam. Fungsi dari Sabo Dam adalah menampung, mengontrol dan menahan sedimen. Untuk lebih luasnya yakni suatu sistem penanggulangan erosi dan sedimentasi yang berpotensi menimbulkan bencana. Dalam hal ini banjir lahar akan menggerus bangunan sabo dam dengan kekuatan dan kurun waktu tertentu yang tentunya akan berdampak pada morfologi dasar sungai di sekitar sabo dam tersebut. Sehingga, perlu di analisis dengan model pada software IRIC versi 2.3.9 6034.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui kondisi hidraulika di sekitar bangunan sabo dam.
- b. Mengetahui kondisi morfologi dasar sungai di sekitar bangunan sabo dam.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Erupsi Merapi 2010

Gunung merapi merupakan gunung berapi yang berada di bagian tengah Pulau Jawa dengan ketinggian 2930 mdpl dan merupakan salah satu gunung teraktif di Indonesia. Lereng sisi selatan berada dalam administrasi Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan sisanya berada dalam wilayah propinsi Jawa Tengah, yaitu Kabupaten Magelang di sisi barat, Kabupaten Boyolali di sisi sebelah utara dan timur, serta Kabupaten Klaten di sisi tenggara. Kawasan hutan di sekitar

puncaknya menjadi kawasan Taman Nasional Gunung Merapi sejak tahun 2004. Gunung Merapi termasuk dalam gunung nyang berbahaya karena menurut catatan modern mengalami erupsi (puncak keaktifan) setiap dua sampai lima tahun sekali dan dikelilingi oleh pemukiman penduduk yang sangat padat.

Letusan terakhir terjadi pada tahun 2010 yang tergolong erupsi terbesar dalam sejarah erupsi Gunung Merapi (BPPTK Yogyakarta, 2010). Sedikitnya terjadi hingga tiga kali letusan. Letusan menyemburkan material vulkanik setinggi 1,5 kilometer dan disertai keluarnya awan panas yang menerjang Kaliadem, Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Material vulkanik tersebut tersebar dan mengendap di sekitar Gunung Merapi.

2.2 Banjir Lahar

Aliran banjir lahar dapat terjadi terutama di wilayah yang memiliki topografi bergunung dan curah hujan tinggi. Kemiringan lahan yang curam memiliki peranan penting dalam proses pembentukan aliran banjir lahar. Masa sedimen yang bergerak menuju alur sungai dan menerima tambahan pasokan air dapat berkembang menjadi aliran banjir lahar. Aliran banjir lahar dapat terwujud dengan jika tersedia tiga komponen utama pembentuk aliran debris, yaitu:

1. Kemiringan dasar alur atau lembah yang lebih dari 15 derajat.
2. Material di lereng gunung yang dapat menjadi bagian dari aliran debris.
3. Air dalam jumlah yang besar mengalir ke lembah untuk menjenuhkan deposit material.

Tipikal kejadian aliran banjir lahar sangat khusus, terjadi setelah hujan lebat. Aliran banjir lahar memiliki berat satuan (*specific gravity*) yang tinggi sehingga batuan besar dapat terbawa mengapung dalam aliran massa banjir (Haryono, 2013).

2.3 Morfologi Sungai

Morfologi sungai merupakan ilmu yang mempelajari tentang perubahan bentuk dasar sungai, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu.

2.4 IRIC

Nays2D adalah metode penganalisa permasalahan perubahan dasar sungai atau saluran pada aliran *unsteady* (aliran tidak tetap) perhitungan dua dimensi dalam arah horizontal. Program atau metode perhitungan ini dikembangkan oleh Hiroshi Takebayashi dari Kyoto University. Persamaan yang mengatur atau digunakan dalam metode tersebut telah ditulis sesuai dengan batas sistem koordinat secara umum. Di tahun 2009, metode perhitungan ini digunakan pada RIC-Nays Versi 1.0 yang merupakan program software yang dikembangkan oleh RIC.

Beberapa fungsi baru ditambahkan untuk pengembangan dari versi sebelumnya yang kemudian menghasilkan program iRIC Versi 2.0 pada Maret 2011.

Morpho2D dapat menganalisa aliran tidak seragam dan menghasilkan luaran berupa sebaran material dasar sungai secara horizontal. Sebagai tambahan, proses perkembangan dan migrasi atau perpindahan pada ambang sungai. Morpho2D biasanya diaplikasikan untuk simulasi sungai-sungai alami. Antara lain dapat menggabungkan model pertemuan sungai, simulasi beban endapan material dasar sungai dalam campuran sedimen, lapisan material dasar dan material yang tidak tererosi (*fixed bed*), mengubah tingkat pasokan sedimen dari hulu, serta proses transportasi sedimen pada dasar sungai yang kasar (bebatuan) dapat disimulasikan atau dimodelkan.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Penerapan ilmu hidrologi dapat

dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan, peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainasi, pengendali polusi, air limbah dan sebagainya.

Hidrologi banyak dipelajari oleh para ahli di bidang teknik sipil dan pertanian. Ilmu tersebut dapat dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan berikut:

1. Memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan deras, sehingga dapat direncanakan bangunan-bangunan untuk mengendalikannya seperti pembuatan tanggul banjir, saluran drainasi, gorong-gorong, jembatan dan sebagainya.
2. Memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu jenis tanaman, sehingga dapat direncanakan bangunan untuk melayani kebutuhan tersebut.
3. Memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air (mata air, sungai, danau dan sebagainya) untuk dapat di manfaatkan guna berbagai keperluan seperti air baku (air keperluan rumah tangga, perdagangan, industri), irigasi, pembangkit listrik tenaga air, perikanan, peternakan, dan sebagainya.

Ilmu hidrologi lebih banyak didasarkan pada pengetahuan empiris daripada teoritis. Hal ini dikarenakan banyaknya parameter yang berpengaruh pada kondisi hidrologi di suatu daerah, seperti kondisi klimatologi (angin, suhu udara, kelembapan udara, penyinaran matahari), kondisi lahan (daerah aliran sungai, DAS), seperti jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan lahan dan sebagainya. Banyak parameter tersebut mengakibatkan analisis hidrologi sulit diselesaikan secara analitis. Di samping itu kondisi hidrologi juga sangat dinamis tergantung pada perubahan/kegiatan yang dilakukan oleh manusia, seperti perubahan tata guna lahan (penggundulan hutan, penghijauan, perubahan lahan sawah menjadi daerah pemukiman atau industri, perubahan hutan

menjadi sawah atau fungsi lainnya), perubahan penutup permukaan tanah (dari tanah, rumput, atau pepohonan menjadi permukaan aspal/beton), dan sebagainya.

3.2 DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang di tinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Untuk maksud tersebut dapat digunakan peta topografi dengan skala 1:50.000, yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lain. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi. Air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalir menuju sungai utama yang ditinjau, sedang yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai lain di sebelahnya. Gerusan adalah erosi pada dasar dan tebing saluran alluvial (Hoffman dan Verheij, 1997).

Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai.

3.3 Hujan

Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur, dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan.

Jumlah air yang jatuh di permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan. Distribusi hujan dalam ruang dapat diketahui dengan mengukur hujan di beberapa lokasi pada daerah yang ditinjau, sedang distribusi waktu dapat diketahui dengan mengukur hujan sepanjang waktu.

Pengukuran hujan dapat dilakukan secara langsung dengan menampung air hujan yang jatuh. Namun tidak mungkin menampung hujan di seluruh daerah tangkapan air. Hujan di suatu daerah hanya dapat diukur di beberapa titik yang ditetapkan dengan menggunakan alat pengukur hujan. Hujan yang terukur oleh alat tersebut mewakili suatu luasan daerah di sekitarnya. Hujan terukur dinyatakan dengan kedalaman hujan yang jatuh pada suatu interval waktu tertentu.

3.4 Sedimen

Sedimen merupakan material hasil erosi yang dibawa oleh aliran sungai dari daerah hulu kemudian mengendap di daerah hilir. Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimentasi itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Untuk ukuran dan berat partikel tanah tersebut akan menentukan jumlah besarnya angkutan sedimen. Kemanapun tanah itu untuk terkikis tidak hanya tergantung pada ukuran partikel-partikelnya tetapi juga pada sifat fisik bahan organik dan anorganik yang terikat bersama partikel tersebut. Apabila partikel tanah tersebut terkikis dari permukaan bumi atau dari dasar dan tebing sungai maka endapan yang dihasilkan akan bergerak atau berpindah secara kontinu menurut arah aliran yang membawanya

menjadi angkutan sedimen yang dapat di ukur (Soewarno,1991).

Menurut Soewarno (1991), muatan sedimen terbagi menjadi dua yaitu:

1. Muatan Sedimen Melayang

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri terutama dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali intraksinya dengan dasar sungai karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran.

Partikel sedimen melayang bergerak melayang di dalam aliran sungai apabila aliran itu turbulen, tetapi apabila aliran sungai itu laminar maka konsentrasi sedimennya akan berkurang dari waktu ke waktu dan akhirnya mengendap, sama seperti halnya apabila keadaan aliran sungai itu tidak mengalir, seperti misalnya alirannya menggenang. Akan tetapi pada umumnya aliran sungai adalah turbulen, dan oleh karena itu tenaga gravitasi partikel-partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan turbulensi aliran, putaran arus (*eddies*) membawa gerakan partikel sedimen kembali ke atas dan tidak mengendap. Muatan sedimen melayang dibagi menjadi tiga keadaan, yaitu:

- a. Apabila tenaga gravitasi sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran maka partikel sedimen akan mengendap dan akan terjadi pendangkalan (*agradasi*) pada dasar sungai.
- b. Apabila tenaga gravitasi sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran maka akan terjadi keadaan seimbang (*equilibrium*) dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Apabila tenaga gravitasi sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan (*degradasi*) pada dasar sungai.

2. Muatan sedimen dasar

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai, gerak ini dapat bergeser, menggelinding atau melonjat-lonjatkan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut ke arah hilir, keadaan ini pada umumnya dapat dijumpai pada daerah kaki gunung api dimana material dasar sungai terdiri dari pasir.

Tenaga yang pertama menggerakkan adalah tenaga tarik (*dragforce*) aliran dengan kapasitas tertentu dapat menggerakkan partikel-partikel disepanjang dasar sungai. Pada umumnya dasar sungai merupakan persediaan material yang tidak terbatas untuk memenuhi kapasitas angkutan tersebut, apabila tenaga tarik tersebut berkurang maka jumlah partikel yang terangkut akan berkurang.

3.5 Sabo Dam

Dam pengendali sedimen atau dikenal dengan Sabo Dam merupakan salah satu bangunan pengendali sedimen yang bekerja dalam satu sistem pengendalian guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu mengelola sedimen sedemikian rupa agar tidak membahayakan hilirnya. Dam Pengendali Sedimen (DPS) memiliki peran dominan dalam mengelola volume sedimen melalui fungsi mandiri yang ada dalam setiap dam Sabo, yaitu fungsi menampung, mengontrol, dan menahan sedimen. Fungsi-fungsi tersebut dalam satu sistem pengendalian sedimen memberikan kontribusi secara komperhensif dalam pengelolaan kelebihan sedimen yaitu mereduksi jumlah sedimen, mereduksi produksi sedimen dan mengontrol aliran sedimen.

Volume tampung merupakan volume sedimen yang terbentuk antara kemiringan dasar sungai asli dengan kemiringan statis, sedangkan volume kontrol merupakan

volume yang terbentuk oleh kemiringan statis dengan kemiringan dinamis. Volume tertahan merupakan representasi fungsi dam pengendali sedimen dalam mereduksi produksi dasar sungai dan tebing sungai. Jika tanpa bangunan pengendali sedimen, diasumsikan volume sedimen tertahan tersebut akan terbawa aliran.

Karena seluruh fungsi mandiri dam pengendali sedimen dalam menampung, mengontrol dan menahan sedimen dilakukan oleh dam utama, maka untuk mengamankan dam utama dari ancaman keruntuhan diperlukan struktur bangunan pendukung yang terdiri dari sub-dam, apron, dan dinding samping.

Setiap bagian dam pengendali sedimen mempunyai fungsi masing-masing yang tujuannya untuk menjaga keberadaan struktur bangunan seutuhnya. Agar fungsi bangunan tetap terjaga, maka perubahan yang terjadi tidak boleh melemahkan fungsinya. Usaha menjaga kelestarian setiap bangunan pengendali sedimen tidak dapat dilepaskan dari tindakan monitoring dan pemeliharaannya yang merupakan siklus berkelanjutan antara perencanaan, pelaksanaan dan monitoring pemeliharaan. Apalagi setiap dam pengendali harus bekerja secara seri dalam satu sistem pengendalian sedimen, di Indonesia dikenal dengan "Sistem Sabo".

Selanjutnya dam pengendali sedimen dalam peranannya dalam satu sistem pengendalian bekerja secara seri, bersinergi antara bangunan pengendali yang satu dengan yang lainnya.

Keberadaan dam pengendali sedimen di suatu alur sungai dapat memberikan pengaruh seperti sebagai berikut ini,

1. Melandaikan dasar sungai

Pengaruh keberadaan dasar sungai menjadi lebih landai dapat dicapai ketika kapasitas tampungan bangunan pengendali sedimen telah dipenuhi material sedimen, sehingga terbentuklah kemiringan dasar baru yang lebih landai.

2. Mengendalikan arah aliran

Fungsi mengendalikan arah aliran dimiliki oleh suatu dam pengendali sedimen

melalui pengaturan antara sumbu melintang pelimpah dengan sumbu sungai. Aliran sungai yang datang dari wilayah pegunungan akan menuju wilayah hilir yang lebih datar akan mengendapkan banyak sedimen berbutir pasir dan kerikil membentuk dataran kipas alluvial (*alluvial fan*), kemiringan berubah signifikan dari curam ke datar dan kedalaman aliran menjadi dangkal karena pelebaran sungai. Selanjutnya terjadi turbulensi aliran yang mengikis kedua tebing sungai atau disebut erosi lateral. Situasi seperti ini merupakan awal terjadinya proses produksi sekunder sedimen pasir dan kerikil di wilayah kipas alluvial. Dengan menempatkan suatu tipe dam pengendali sedimen pada posisi yang tepat, arah aliran yang tidak menentu (*turbulent*) di wilayah kipas alluvial dapat dikendalikan menjadi aliran yang arahnya teratur dan tetap sehingga proses erosi sekunder dapat dihindari. Di wilayah hulu sungai, penempatan bagian pelimpah bangunan pada posisi yang tepat, yaitu lebih mendekati sisi tebing yang berbatuan akan mengurangi kemungkinan terjadinya erosi horisontal tebing sungai.

Meskipun kemungkinan erosi horisontal pada sisi tebing berbatuan telah dikurangi, pertimbangan terhadap erosi setempat akibat jatuhnya material sedimen tetap perlu dipertimbangkan.

3. Menstabilkan kaki bukit untuk menghindari longsoran

Bertambah tingginya dasar sungai akibat akumulasi endapan sedimen di belakang dam pengendali sedimen menciptakan beban perimbangan atau *counter weight* bagi lereng tebing atau bukit di sisi kiri dan kanan sungai, sehingga terbentuk gaya perimbangan sebagai penahan massa longsoran untuk tidak meluncur ke bawah.

4. Menampung dan mengontrol sedimen

Salah satu fungsi dam pengendali sedimen adalah menampung sementara sedimen yang terbawa aliran banjir, ketika banjir mulai menurun atau pada kejadian banjir berikutnya endapan sedimen sementara tersebut secara bertahap terbawa

aliran ke hilir dan pengendali sedimen. Volume yang tertahan sementara ini disebut volume kontrol sedimen. Selain hanya volume sedimen yang hanya dikontrol, dam pengendali sedimen juga menampung sejumlah sedimen secara tetap yang tidak lagi dilepas ke hilir pada banjir besar maupun banjir kecil berikutnya. Volume ini disebut volume tampungan sedimen. Semakin besar produksi sedimen di bagian hulu sungai, semakin besar pula potensi bagian hilir sungai menerima pasokan sedimen berlebihan. Keberadaan dam pengendali sedimen diharapkan dapat mengurangi jumlah sedimen yang merugikan bagi bagian hilir. Kemampuan dam pengendali sedimen untuk melepas kembali volume kontrol sedimen sungai sangat memberikan pengaruh positif untuk menjaga keseimbangan sedimen di bagian hilir sungai. Apalagi di era saat ini dimana aktivitas pengambilan pasir tidak hanya dilakukan di wilayah hulu sungai saja, namun juga dilakukan di wilayah hilir, maka peranan dam pengendali sedimen dalam melepas kembali sejumlah pasir secara bertahap dan terkendali sangat diperlukan. Oleh karenanya saat ini pembuatan dam pengendali sedimen yang baru lebih dipilih tipe terbuka (Slit dam) yang memiliki kemampuan kontrol sedimen lebih besar dari pada tipe dam yang tertutup konvensional. Namun demikian pemilihan tipe dam ini harus mempertimbangkan berbagai kaidah teknik yang memadai.

4. METODE PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Untuk menganalisis menggunakan Iric versi 2.3.9 6034 diperlukan data yang nantinya akan di input untuk disimulasikan pada Iric versi 2.3.9 6034. Data yang diperoleh berupa data sekunder yang diperoleh dari Puslitbang Sumber Daya Air Balai Sabo Yogyakarta dan referensi yang terkait dengan penelitian. Berikut data-data yang digunakan, yaitu:

1. Dimensi Sabo Dam

Pada penelitian ini, data eksisting Sabo Dam diperlukan untuk nantinya akan

di modelkan dalam Iric versi 2.3.9 6034. Data diperoleh dari PPK Pengendalian Lahar Gunung Merapi (PPK PLG Merapi) Yogyakarta.

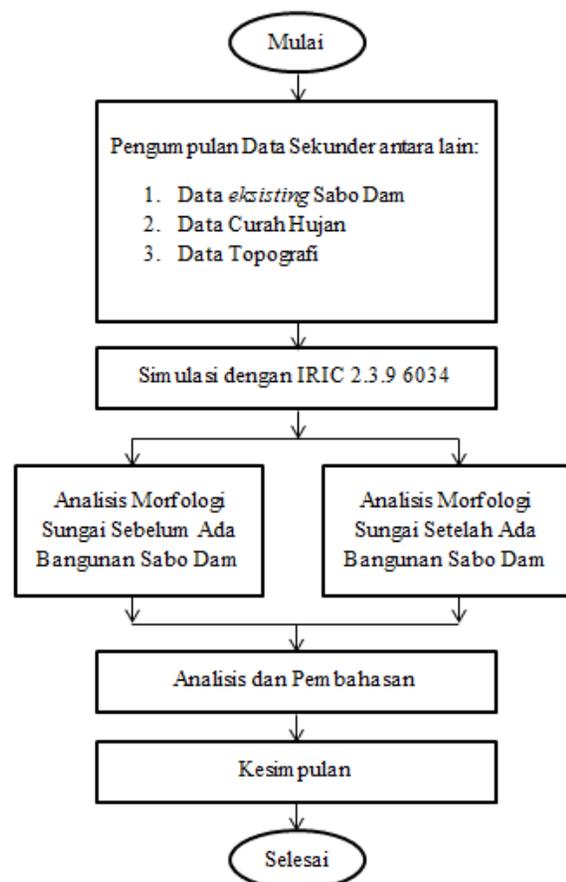
2. Data Topografi

Data Topografi diperlukan untuk membuat Daerah Aliran Sungai (DAS). Data kontur di sekitar wilayah Gunung Merapi, termasuk sungai yang mengalir di bawahnya, berupa data DWG yang dapat dibaca melalui CAD maupun SHP untuk ArcGIS. Data diperoleh dari PPK Pengendalian Lahar Gunung Merapi (PPK PLG Merapi) Yogyakarta.

3. Data Hidrologi

Data hidrologi diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta. Digunakan untuk mengetahui curah hujan rencana serta debit banjir pada sungai yang direncanakan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan maksimum harian dalam jangka waktu 5 tahun ke belakang (2015-2010) yang berasal dari stasiun hujan Jrahah, Ngandong, dan Talun.

4.2 Bagan Alir Penelitian



4.3 Lokasi Penelitian

Penelitian erosi bangunan Sabo Dam PAC-3 Kali Pabelan berlokasi di desa Gondosuli, Kabupaten Magelang, Propinsi Jawa Tengah. PA adalah singkatan dari nama Kali Pabelan, dan C3 adalah nama yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum.

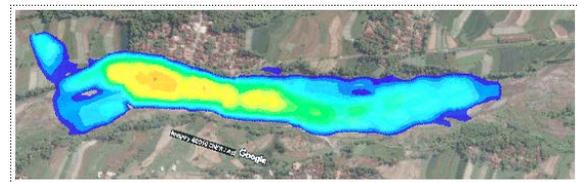
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kecepatan Aliran

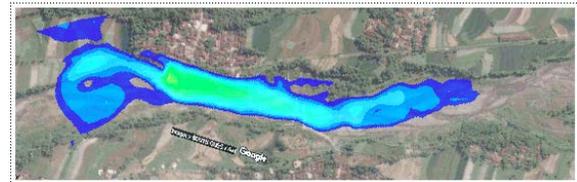
Arah aliran pada sebuah sungai berubah seiring adanya bangunan air buatan manusia. Terutama dengan adanya bangunan Sabo Dam. Sabo Dam selain fungsi utamanya untuk menahan sedimen, namun juga berdampak pada kecepatan aliran yang terjadi pada sungai tersebut. Pada bangunan Sabo Dam PAC-3 Kali Pabelan, struktur bangunan di buat berundak dari Main Dam dengan Sub Dam. Fungsi utama Main Dam sebagai penampungan awal dari sedimen yang terbawa oleh arus sungai, sedangkan fungsi Sub Dam yaitu sebagai penampung kedua setelah Main Dam. Pada saat terjadi banjir lahar dingin, Main Dam yang sebelumnya didominasi oleh air dengan kecepatan aliran konstan, akan di dominasi oleh sedimen, kecepatan aliran akan bertambah pada aliran air yang melewati pada mercu bangunan Sabo Dam. Begitu pula pada Sub Dam dengan tanah dasar atau penampang asli sungai. Aliran pada aliran air yang melewati mercu Sabo Dam inilah yang akan berdampak pada bangunan Sabo Dam, begitu pula dengan morfologi sungai yang berada disekitarnya.

Adanya aliran air yang melewati mercu bangunan Sabo Dam tentunya akan mempengaruhi kestabilan bangunan tersebut, yang disebabkan adanya erosi pada hilirnya. Dengan hal seperti itu, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui gerusan yang terjadi pada hilir bangunan Sabo Dam dan morfologi dasar sungai dengan menggunakan software IRIC versi 2.3.9 6034 untuk memodelkannya.

Panjang alur sungai utama Kali Pabelan 21,36 km, dan *manning* 0,025. Berikut adalah hasil *running* pada simulasi, antara lain:



a. 60 detik



b. 120 detik

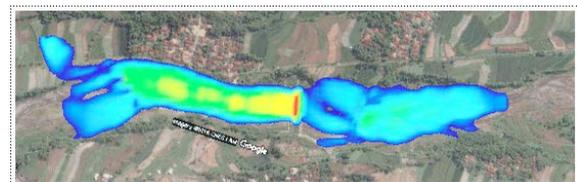


c. 180 detik



d. 240 detik

Gambar 5.1 Kecepatan aliran sebelum ada bangunan Sabo Dam



a. 60 detik



b. 120 detik



c. 180 detik



d. 240 detik

Gambar 5.1 Kecepatan aliran setelah ada bangunan Sabo Dam

Pada Gambar 5.1 (a), (b), (c), dan (d) merupakan hasil *running* kecepatan aliran pada kondisi sebelum ada bangunan Sabo Dam. Kecepatan aliran tertinggi terdapat pada Gambar 5.1 (a), dengan kecepatan aliran 12,1 meter/detik, diikuti (b) dengan 8,9 meter/detik, kemudian (c) dengan 4,98 meter/detik, (d) 3,51 meter/detik.

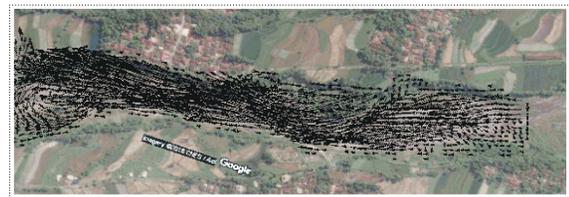
Pada Gambar 5.2 (a), (b), (c), dan (d) merupakan hasil *running* kecepatan aliran pada kondisi setelah ada bangunan Sabo Dam. Kecepatan aliran tertinggi terdapat pada Gambar 5.1 (a), dengan kecepatan aliran 13,7 meter/detik, diikuti (b) dengan 7,04 meter/detik, kemudian (c) dengan 6,40 meter/detik, dan (d) 6,27 meter/detik.

Kecepatan aliran sebelum ada bangunan Sabo Dam dengan setelah ada bangunan Sabo Dam, dari hasil *running* di atas menunjukkan bahwa kecepatan pada setelah ada bangunan Sabo Dam lebih tinggi daripada sebelum ada bangunan Sabo Dam. Hal itu disebabkan karena bangunan Sabo Dam membendung kecepatan aliran alami sungai, kemudian ditampung dan dialirkan melalui mercu Sabo Dam. Aliran air yang melewati mercu Sabo Dam tersebut menyebabkan kecepatan aliran lebih tinggi dari kecepatan aliran alami sungai.

Kecepatan aliran yang tinggi menyebabkan material dasar sungai atau sedimen mudah terangkut, yang tentu sangat berpengaruh terhadap kondisi morfologi sungai, terutama di sekitar bangunan Sabo Dam.

5.2 Pola Aliran

Pola aliran merupakan visualisasi dari kecepatan aliran, yang berbentuk panah yang mengalir dari hulu ke hilir sungai. Pola aliran pada simulasi ini untuk melihat pengaruh atau dampak aliran yang terjadi pada daerah sekitar sungai sebelum ada bangunan Sabo Dam dan setelah ada bangunan Sabo Dam. Pada hasil simulasi kecepatan aliran didapatkan bahwa kecepatan aliran Kali Pabelan cukup deras. Hal tersebut juga akan ditemukan pada simulasi pola aliran. Berikut adalah hasil *running* pada simulasi, antara lain:



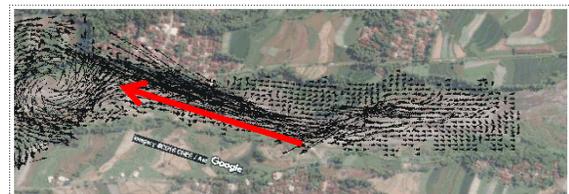
a. 60 detik



b. 120 detik



c. 180 detik



d. 240 detik

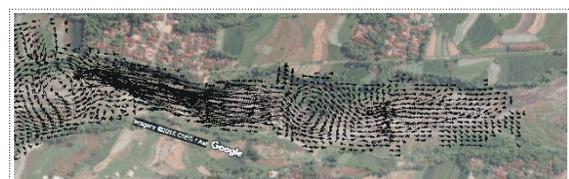
Gambar 5.3 Kondisi pola aliran sebelum ada bangunan Sabo Dam



a. 60 detik



b. 120 detik



c. 180 detik



d. 240 detik

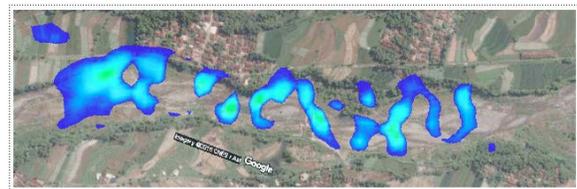
Gambar 5.4 Kondisi pola aliran setelah ada bangunan Sabo Dam

Pada Gambar 5.3 (a), (b), (c), dan (d) merupakan hasil simulasi pola aliran sebelum ada bangunan Sabo Dam. Pola aliran saat sebelum ada bangunan Sabo Dam adalah pola aliran terpusat, seperti terlihat pada Gambar 5.3 (d), aliran terpusat ditandai dengan panah warna merah menuju hilir sungai, aliran air dari hulu berbelok, kemudian menumbur langsung ke tebing sungai. Tepat disamping tebing sungai yang ditumbur oleh aliran air merupakan pemukiman padat penduduk. Hal tersebut tentunya sangat berbahaya, rawan longsor, karena secara teori aliran air yang menumbur tebing sungai, akan mengikis tebing sungai tersebut. Lama-kelamaan kikisan semakin dalam dan semakin tinggi. Akibat terlalu tinggi akhirnya tebing tidak kuat menahan beban sendiri dan terjadilah longsor tebing sungai.

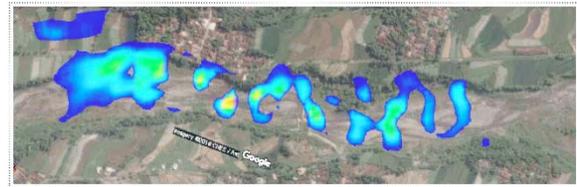
Pada Gambar 5.4 (a), (b), (c), dan (d) merupakan hasil simulasi pola aliran setelah ada bangunan Sabo Dam. Seperti terlihat pada hasil simulasi Gambar 5.4 (a), (b), (c), dan (d) pola aliran menyebar pada penampang sungai. Hal tersebut terjadi karena secara teoritis, pada penampang sungai alami tidak rata. Ada yang dalam dan ada yang dangkal. Aliran air pasti akan melewati penampang yang lebih dalam. Tentunya aliran air akan berat sebelah dan menyebabkan pola aliran menjadi terpusat seperti pada Gambar 5.3 (a), (b), (c), dan (d). Setelah ada bangunan Sabo Dam, pola aliran air yang terpusat yang melewati penampang sungai menjadi tertahan atau tertampung oleh bangunan Sabo Dam. Aliran air yang tertampung pada bangunan Sabo Dam kemudian meninggi dan meluap melalui mercu bangunan Sabo Dam. Luapan air tersebut menyebar sepanjang mercu bangunan Sabo Dam dan jadilah pola aliran yang menyebar pada penampang sungai. Pola aliran yang menyebar inilah yang baik untuk tebing sungai, karena akan mengurangi resiko terjadinya longsor tebing sungai.

5.2 Agradasi

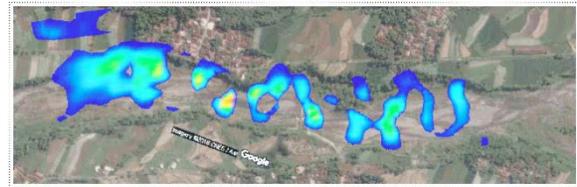
Berikut adalah hasil *running* pada simulasi kondisi agradasi, antara lain:



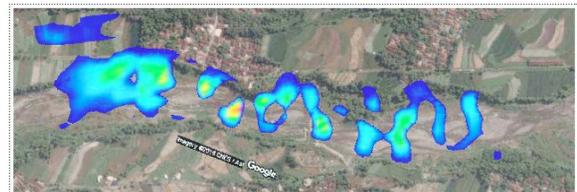
a. 60 detik



b. 120 detik

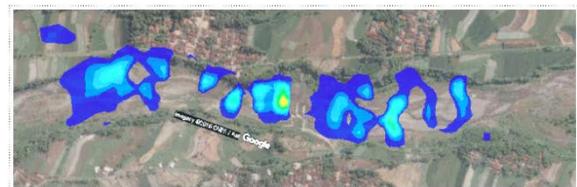


c. 180 detik



d. 240 detik

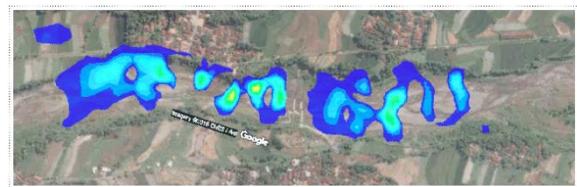
Gambar 5.5 Kondisi agradasi sebelum ada bangunan Sabo Dam



a. 60 detik



b. 120 detik



c. 180 detik



d. 240 detik

Gambar 5.6 Kondisi agradasi setelah ada bangunan Sabo Dam

Pada Gambar 5.5 (a), (b), (c), dan (d) merupakan kondisi agradasi sebelum ada bangunan Sabo Dam. Terlihat bahwa sebelum ada bangunan Sabo Dam, agradasi pada Kali Pabelan cukup tinggi yaitu hampir 0,5 meter. Hal ini dikarenakan arus air yang cukup deras mengalir dari hulu ke hilir sungai, membawa sedimen atau material dasar sungai.

Pada Gambar 5.6 (a), (b), (c), dan (d) merupakan kondisi agradasi setelah ada bangunan Sabo Dam. Terlihat bahwa setelah ada bangunan Sabo Dam, agradasi pada Kali Pabelan menurun hingga pada kisaran 0,35 meter. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan bangunan Sabo Dam membendung dan menampung sedimen yang terbawa arus air dari hulu sungai hingga hilir sungai. Pada di hulu bangunan Sabo Dam, agradasi yang terjadi sangat kecil, namun pada hilir bangunan Sabo Dam, terdapat beberapa tumpukan sedimen dari hasil erosi aliran air yang melewati mercu bangunan Sabo Dam.

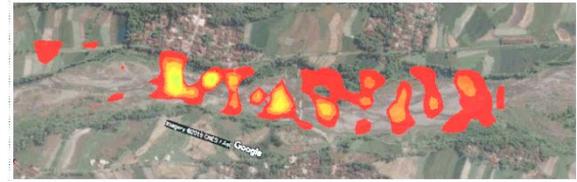
5.4 Degradasi

Dari hasil simulasi running yang telah dilakukan, pada Gambar 5.7 (a), (b), (c), dan (d) kondisi degradasi sebelum ada bangunan Sabo Dam. Dapat dilihat bahwa degradasi yang terjadi rata-rata 0,2 hingga 0,3 meter. Pada titik-titik tertentu hingga 0,5 meter namun hanya kecil saja. Degradasi saat sebelum ada bangunan Sabo Dam terlihat menyebar, dari hulu hingga hilir sungai.

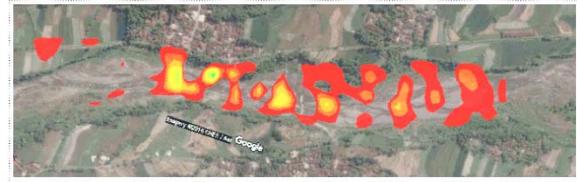
Pada Gambar 5.8 (a), (b), (c), dan (d) merupakan hasil simulasi kondisi degradasi sungai setelah ada bangunan Sabo Dam. Terlihat bahwa degradasi yang terjadi luasannya mengecil. Pada hulu bangunan Sabo Dam sepanjang 100 hingga 150 meter tidak terjadi degradasi karena secara teori sedimen yang ada tertampung pada bangunan Sabo Dam. Pada hilir bangunan Sabo Dam terjadi degradasi cukup dalam, hingga kedalaman 1 meter, disebabkan oleh aliran air yang melewati mercu bangunan Sabo Dam. Berikut adalah hasil running simulasi, antara lain:



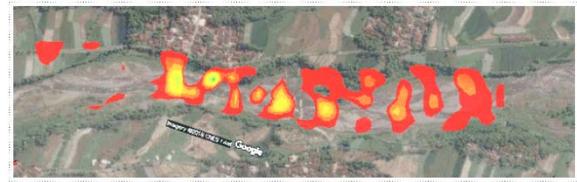
a. 60 detik



b. 120 detik



c. 180 detik



d. 240 detik

Gambar 5.7 Kondisi degradasi sebelum ada bangunan Sabo Dam



a. 60 detik



b. 120 detik



c. 180 detik



d. 240 detik

Gambar 5.8 Kondisi degradasi setelah ada bangunan Sabo Dam

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada kecepatan aliran sebelum ada bangunan sabo dam, kecepatan aliran pada tikungan hilir bangunan sabo dam antara 10 m/s hingga 12 m/s, setelah ada bangunan sabo dam kecepatan yang berada pada tikungan sungai hilir bangunan sabo dam menjadi antara 6 m/s hingga 9 m/s. Kecepatan aliran maksimum sebelum dan sesudah adanya bangunan sabo dam mencapai 12,1 m/s dan 13,7 m/s. Sesudah ada bangunan sabo dam lebih cepat karena aliran air yang mengalir melewati mercu bangunan sabo dam kecepatannya lebih tinggi dari kecepatan aliran sungai alami.
2. Pada pola aliran, sebelum ada bangunan sabo dam pola aliran berbentuk memusat, sedangkan setelah ada bangunan sabo dam pola aliran lebih menyebar penampang sungai.
3. Pada kondisi agradasi sebelum ada bangunan sabo dam, kondisi agradasi lebih tinggi dan menyebar penampang sungai. setelah ada bangunan sabo dam, kondisi agradasi lebih rendah dan tidak seluas seperti saat sebelum ada bangunan sabo dam karena sedimen telah tertampung pada bangunan sabo dam.
4. Pada kondisi degradasi sebelum ada bangunan sabo dam, kondisi degradasi lebih menyebar. Setelah ada bangunan sabo dam, kondisi degradasi menurun karena dengan ada bangunan sabo dam, kecepatan aliran yang tadinya membawa sedimen melayang dari hulu lebih rendah dan aliran lebih laminar atau teratur.

6.2 Saran

Setelah penelitian dilakukan, banyak sekali kekurangan dan kelemahan yang dilakukan oleh peneliti untuk bisa menggunakan *software Nays 2D* dengan baik. Oleh karena itu, untuk penelitian

selanjutnya agar penelitian bisa menjadi lebih baik, saran yang akan diberikan adalah mensimulasi dengan aliran debris atau banjir lahar dingin.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Kusumobroto. 2012. *Aliran debris dan lahar*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Soewarno 1991. *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*. Nova, Bandung.
- Amalia Siti, dan Ahliana. 2016. *Perencanaan Sabo Dam Merapi PAC-3 Kali Pabelan Desa Gondosuli, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah*. Penelitian Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.