

PENGARUH VARIASI DEBIT ALIRAN TERHADAP GERUSAN MAKSIMAL DI BANGUNAN JEMBATAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS

Ichsanul Barokah¹, Didik Purwantoro²

^{1,2}Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT-UNY
didik_purwantoro@uny.ac.id

ABSTRACT

This research aims to find The maximum scour depth occurred in building bridges using HEC - RAS software . Maximum scour modeling results can be used to identify and estimate the stability of the structure of the bridge. This research using software HEC-RAS v. 4.1.0. Stages of modeling programming includes several data input process, that is: the geometry data input stream, bridge geometry data input, input the data flow, data input on bridge scour. Modeling is done with the flow rate changes on any one process is running. Modelling maximum scour who reviewed that is on the pillars of the bridge. This research result of this modeling with the flow rate variation, it can be seen that the discharge 5.87 m³ / s to 905.23 m³ / s began to increase the depth of scour at the pillars. Then on debit 905.23 m³ / s to 1080.15 m³ / s scour depth experience stability pillar, at a depth of 1.76 m.

Keyword: HEC-RAS, Scour, The flow rate.

PENDAHULUAN

Adanya bangunan air menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan dan turbulensi sehingga menimbulkan perubahan transport sedimen dan terjadinya gerusan. Sedangkan gerusan (*scouring*) merupakan suatu proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai, dapat berupa tikungan atau bagian penyempitan aliran sungai dan bisa juga karena adanya bangunan air (*hydraulic structure*) seperti jembatan.

Pada umumnya gerusan maksimal dapat diperoleh dengan melalui simulasi pada uji laboratorium dan pengamatan langsung di lapangan. Pada uji laboratorium perlu berbagai macam persiapan-persiapan yang diperlukan, seperti persiapan *flume*, replika pilar dan *abutment* jembatan, uji gradasi besar butiran sedimen, pengaturan debit aliran. Hal itu perlu persiapan yang butuh waktu lama, sedangkan pada pengamatan langsung di lapangan biasanya terkendala medan tempat jembatan itu hendak di ukur kedalaman gerusannya. Namun seiring berkembangnya kemajuan teknologi informatika telah tercipta sebuah *software* HEC-RAS. Dalam kajian ini HECRAS digunakan membantu menganalisis gerusan maksimal yang terjadi di suatu bangunan jembatan.

Sungai merupakan torehan permukaan bumi yang menampung dan penyalur alamiah aliran air dan material yang dibawanya dari bagian hulu ke hilir, atau dari tempat tinggi ke tempat yang rendah kemudian bermuara ke laut. Suatu sungai dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu : 1) Bagian hulu sungai merupakan daerah sumber erosi karena pada umumnya alur sungai melalui daerah pegunungan, bukit, atau lereng gunung yang kadang-kadang mempunyai ketinggian yang cukup besar dari muka air laut. Alur sungai di bagian hulu ini biasanya mempunyai kecepatan aliran yang lebih besar dari pada bagian hilir; 2) Bagian tengah sungai merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif kecil dari pada hulu. Bagian ini merupakan daerah keseimbangan antara proses erosi dan sedimentasi yang sangat bervariasi dari musim ke musim; 3) bagian hilir sungai biasanya melalui dataran yang mempunyai kemiringan dasar

sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat. Keadaan ini sangat memudahkan terbentuknya pengendapan atau sedimen (Suyono Sosrodarsono, 1983:169).

Peristiwa gerusan lokal selalu akan berkaitan erat dengan fenomena perilaku aliran sungai yaitu hidraulika aliran sungai dalam interaksinya dengan geometri sungai, geometri dan tata letak pilar jembatan, serta karakteristik tanah dasar dimana pilar tersebut dibangun (Tri Achmadi, 2001:8). Gerusan yang terjadi di sekitar *abutment* dan pilar jembatan adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran yang dirintangi oleh bangunan tersebut. Gerusan yang terjadi pada struktur dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu:

1. Tipe gerusan. Gerusan umum (*general scour*) yaitu gerusan yang terjadi pada sebuah sungai atau saluran yang dihasilkan oleh proses alami tanpa adanya pengaruh atau gangguan dari sebuah struktur bangunan. Gerusan lokal (*local scour*) yaitu gerusan yang terjadi akibat langsung dari bangunan pada aliran sungai. Gerusan dilokalisir (*Contraction scour*) yaitu gerusan yang terjadi akibat penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi lebih terpusat.
2. Gerusan menurut kondisi yang berbeda dalam proses angkutan sedimen. Gerusan dengan air bersih (*clear-water scour*) yaitu gerusan yang terjadi jika tidak ada gerakan material dasar (tidak ada material yang terangkut) di sebelah hulu bangunan, atau secara teoritik ($0 < c$) dimana 0 adalah tegangan geser yang terjadi, sedangkan c adalah tegangan geser kritis dari butiran dasar sungai. Gerusan dengan air beresedimen (*live-bed scour*) yaitu gerusan yang terjadi ketika kondisi aliran dalam saluran menyebabkan material dasar bergerak atau secara teoritik ($0 > c$) tegangan geser pada saluran lebih besar dari nilai kritisnya. Kesetimbangan kedalaman gerusan tercapai ketika banyaknya material yang telah bergerak dari lubang gerusan sama banyaknya dengan material yang tersuplai ke lubang gerusan.

Sistem pusaran yang menyebabkan lubang gerusan (*scour hole*), berawal dari sebelah hulu *abutment* dan pilar, yaitu pada saat mulai timbul komponen aliran dengan arah aliran ke bawah, karena aliran yang akan datang dari hulu dihalangi oleh *abutment* dan pilar. Maka aliran akan berubah arah menjadi vertikal menuju dasar saluran dan sebagian berbelok arah menuju depan *abutment* dan pilar selanjutnya akan membentuk pusaran. Di dekat dasar saluran komponen aliran berbalik arah vertikal ke atas, peristiwa ini diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral yang akan menyebabkan gerusan dasar. Hal ini akan terus berlanjut hingga tercapai keseimbangan. Sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut:

1. Besarnya gerusan akan sama dengan selisih antara jumlah material yang diangkut keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang diangkut masuk ke dalam daerah gerusan,
2. Besarnya gerusan akan berkurang apabila tampang basah di daerah gerusan bertambah (misal karena erosi),
3. Untuk suatu kondisi aliran akan ada suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan *asimtotik* terhadap waktu.

Ukuran butiran dari sedimen merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kedalaman gerusan pada kondisi air bersih (*clear water scour*). Kedalaman gerusan (ds/b) tak berdimensi merupakan fungsi dari karakteristik ukuran butiran material dasar (d/d_{50}). Dimana d adalah standar deviasi untuk ukuran butiran dan d_{50} adalah ukuran partikel butiran rerata. Nilai kritikal dari d/d_{50} untuk melindunginya hanya dapat dicapai dengan bidang dasar, tetapi tidak dengan lubang gerusan dimana kekuatan lokal pada butirannya tinggi yang disebabkan meningkatnya pusaran air. Dengan demikian nilai koefisien simpangan baku geometrik (σ_g) dari distribusi ukuran butiran material dasar akan berpengaruh pada kedalaman gerusan air dan dapat ditentukan dari nilai grafik koefisien simpangan baku (σ_g) fungsi standart deviasi geometri ukuran butiran (Eri Yulianto, 2012:10).

Kedalaman gerusan maksimal dipengaruhi oleh beberapa faktor, faktor-faktor tersebut adalah seperti berikut ini:

1. Kecepatan Aliran

Dalam perkembangan proses gerusan tergantung pada kecepatan aliran dan intensitas turbulen pada transisi antara *fixed dan erodible bed*, oleh karena itu tidak diperlukan informasi mengenai kecepatan dan turbulensi dekat dasar pada lubang gerusan.

2. Kedalaman Aliran

Gerusan yang terjadi dipengaruhi oleh kedalaman dasar sungai dari muka air (tinggi aliran zat air), maka kecepatan relatif dan kedalaman relatif merupakan faktor penting untuk mengestimasi kedalaman gerusan lokal.

3. Jenis *Abutmen* dan Pilar Jembatan

Pilar jembatan merupakan bagian dari jembatan yang paling penting karena berfungsi untuk menahan berat badan jembatan sendiri dan berat muatan yang melintasinya. Maka pilar jembatan yang dibangun pada alur sungai, kestabilan terhadap gerusan akibat pengaruh aliran air perlu diperhatikan. Gerusan di sekitar pilar jembatan disebabkan oleh adanya perubahan pola aliran. Perubahan ini terjadi akibat adanya aliran air yang ditahan oleh pilar jembatan. Selama berlangsungnya hal tersebut aliran yang ke arah hilir berbelok kesamping. Jika pertambahan tekanan ini menjadi cukup kuat, maka pusaran air akan terbentuk pada dasar pilar sehingga terjadi gerusan di sekitar pilar jembatan. Tipe pilar bermacam-macam, diantaranya silinder, *rectangular*, *rectangular with semi circular nose*, *semi circular nose with wedge shape tail*, *rectangular with wedge shape nose*, elips (*elliptic*), *lenticular*, *aerofoil* (Alifi Yunar, 2006:4).

Abutment jembatan merupakan salah satu bagian konstruksi jembatan yang ditempatkan pada pangkal konstruksi jembatan. Ada dua bentuk umum *abutment* yaitu *vertical wall abutment* dengan *wing* atau *box wall* dan *spill – through abutment*. Kedalaman gerusan untuk *vertical wall abutment* kurang lebih dua kali dibanding dengan *spill through abutment*. Kedalaman gerusan untuk *wing-wall* (WW), *spill-through* (ST) dan *vertical wall pointing downstream* (TS1) adalah sekitar 70% dibanding *semi-circular-end-abutment* (SCE).

Laursen (1960) dalam HEC-RAS *River Analysis System* menemukan bahwa pada gerusan dengan aliran angkutan sedimen (*live-bed scour*), pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan adalah kecil, tetapi kedalaman aliran sangat mempengaruhi kedalaman gerusan. Sedangkan pada gerusan aliran jernih (*clear water scour*), kecepatan aliran sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan. *Live-bed scour* adalah apabila aliran mempunyai tegangan gesek lebih besar dari tegangan gesek kritisnya maka aliran mengalir disertai dengan pergerakan sedimen dan nampak aliran menjadi keruh.

Clear water scour adalah aliran yang terjadi secara kasat mata nampak jernih, aliran ini mempunyai gesekan dasar saluran lebih kecil dari tegangan gesek kritisnya, pada kondisi ini belum ada gerusan/angkutan sedimen dasar bila saluran tidak terdapat penghalang/bangunan hidraulika, ketika penghalang dipasang maka akan terjadi gerusan lokal. *Contraction Scour* merupakan posisi dimana keberadaan *abutment* disebagian tebing sungai hingga masuk ke dalam sungai, dan pilar jembatan pada penampang sungai akan menyebabkan lebar sungai mengalami penyempitan dan akan menimbulkan pengaruh yang direpresentasikan dalam kecepatan aliran sehingga menimbulkan perubahan distribusi sedimen. Pada debit yang sama, penyempitan badan sungai mengakibatkan bertambahnya kecepatan, yang menyebabkan terjadinya gerusan. Gerusan ini bisa berupa *live-bed scour* ataupun *clear water scour*. Untuk menentukan apakah aliran di hulu mengangkut material dasar, program HEC-RAS menghitung kecepatan kritis dari awal pergerakan V_c (untuk ukuran D_{50} dari material dasar) dan membandingkannya dengan kecepatan rata-rata V dari aliran di saluran utama atau bantaran sungai di area hilir dari jembatan pada potongan pendekatan.

Gerusan pada pilar terjadi karena percepatan arus di sekitar pilar dan pembentukan arus yang biasa disebut *horseshoe vortex*. *Horseshoe vortex* mengangkat material dari dasar pilar, membentuk lubang gerusan. Seiring dengan bertambahnya kedalaman gerusan, besarnya *horseshoe vortex* berkurang, maka akan mengurangi tingkat dimana material akan terangkat dari lubang gerusan. Pada akhirnya keseimbangan diantara material dasar yang masuk dan keluar akan tercapai, dan lubang gerusan akan berhenti berkembang. Faktor-faktor yang mempengaruhi kedalaman dari gerusan lokal pada pilar adalah kecepatan arus pada bagian hilir pilar, kedalaman arus, lebar pilar, panjang pilar jika miring dari arus, ukuran dan gradasi dari material dasar sungai, sudut dari arus yang datang, bentuk pilar, konfigurasi dasar sungai, dan pembentukan dari gangguan es dan puing-puing.

1. Persamaan *Colorado State University*

Laporan HEC No. 18 merekomendasikan penggunaan persamaan *Colorado State University* (CSU) (Richardson, 1990) dalam HEC-RAS *River Analysis System* untuk perhitungan gerusan pada pilar menurut kondisi *live-bed* dan *clear water*. Persamaan CSU memprediksikan kedalaman maksimum penggerusan pada pilar jembatan untuk *live-bed scour* dan *clear-water scour*.

2. Persamaan Froehlich

Persamaan yang dikembangkan oleh David Froehlich (Froehlich, 1991) telah ditambahkan ke dalam *software* HEC-RAS sebagai alternatif dari persamaan CSU. Persamaan Froehlich digunakan untuk keperluan desain.

Gerusan terjadi pada *abutment* jembatan ketika *abutment* menghalangi arus. Halangan pada arus membentuk pusaran horizontal dimulai pada hulu *abutment* dan menerus sepanjang ujung *abutment*, dan membentuk sebuah pusaran jalur ombak vertikal pada ujung hulu dari *abutment*. Laporan HEC No. 18 merekomendasikan dua persamaan untuk perhitungan gerusan *abutment live-bed*. Jika panjang (L) tanggul basah dibagi oleh kedalaman arus yang mendekat (y_1) lebih besar daripada 25, maka laporan HEC No. 18 menyarankan menggunakan persamaan HIRE (Richardson, 1990). Jika panjang (L) tanggul basah dibagi oleh kedalaman arus yang mendekat (y_1) kurang dari 25, maka laporan HEC No. 18 menyarankan menggunakan persamaan dari Froehlich.

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System* (RAS), dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HECRAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). HEC-RAS Versi 4.1, beredar sejak Januari 2010. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi: (1) hitungan profil muka air aliran permanen, (2) simulasi aliran tak permanen, (3) hitungan transport sedimen, dan (4) hitungan kualitas (temperatur) air. Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, *running* hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air dilakukan (Istiarto, 2012:3).

Sebelum melakukan analisis penggerusan pada jembatan, pengguna perlu membuat model hidrolis dari daerah sungai termasuk jembatan yang akan dianalisis. Model ini harus mencakup beberapa potongan melintang hilir dari jembatan, sehingga kondisi batas hilir yang ditetapkan oleh pengguna tidak mempengaruhi hasil hidrolis di dalam dan hanya pada bagian hulu dari jembatan. Model harus juga mencakup beberapa potongan melintang hulu dari jembatan, untuk mengevaluasi efek jangka panjang dari jembatan pada profil permukaan air di hilir. Bila data observasi telah tersedia, model harus dikalibrasi sampai pada tahap yang paling mungkin. Jika model hidrolis sudah dikalibrasi, pengguna dapat memasukkan kejadian pada desain untuk digunakan dalam analisis gerusan.

Setiap model dalam HEC-RAS dibuat dengan menciptakan *file project*. Pengguna HEC-RAS menuliskan nama *file* dan judul *project*. HEC RAS memakai nama *file* tersebut untuk menamai semua *file data*, kecuali tiga karakter ekstensi nama *file*. Saat mengaktifkan program HEC-RAS layar utama akan muncul. Pada bagian atas, terdapat papan menu (*menu bar*) yang mencantumkan menu utama HEC-RAS: *File, Edit, Run, View, Option, dan Help*. Arti setiap opsi yang ada didalam masing-masing menu utama tersebut pun mirip dengan dengan opsi-opsi program aplikasi pada umumnya. Misalnya, di dalam *menu File* terdapat opsi *New Project* untuk membuat *project* baru, *Save Project* untuk menyimpan *project*, atau *Exit* untuk keluar dari aplikasi HEC-RAS.

METODE

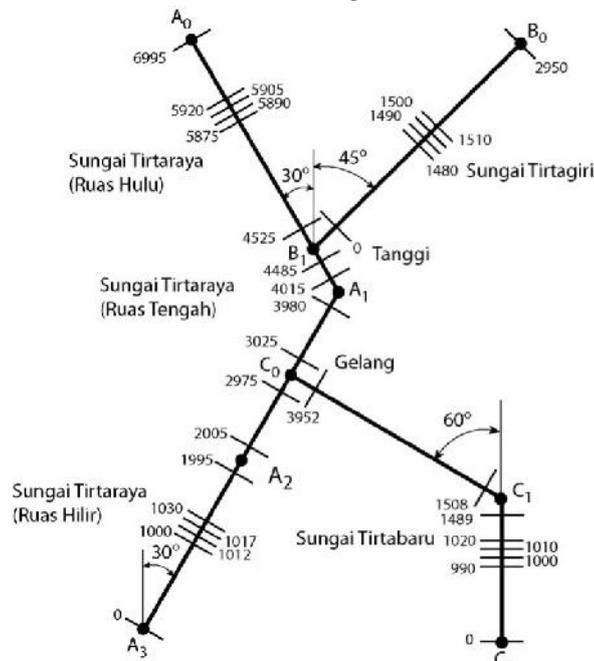
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputasi Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Data dikumpulkan melalui beberapa tahapan, antara lain: studi literatur dan *interview*. Deskripsi mengenai simulasi gerusan maksimal pada bangunan jembatan dengan mengambil kasus hipotetik Sungai Tirtaraya.

Pengambilan data metode yang digunakan adalah: Metode Studi Literatur, Metode ini dilakukan dengan mengkaji dari buku-buku, modul pelatihan HEC-RAS, tata cara penggunaan HEC-RAS dalam hal ini meliputi *Users Manual, Hydraulic References, Applications Guide*, dan artikel penelitian yang terdapat di perpustakaan maupun hasil *download* dari *internet*. Metode *Interview*, Metode ini dilakukan dengan diskusi langsung dengan mentor HEC-RAS di Laboratorium Komputasi Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM. Diskusi dilakukan pada sesi tanya jawab pada waktu pelatihan.

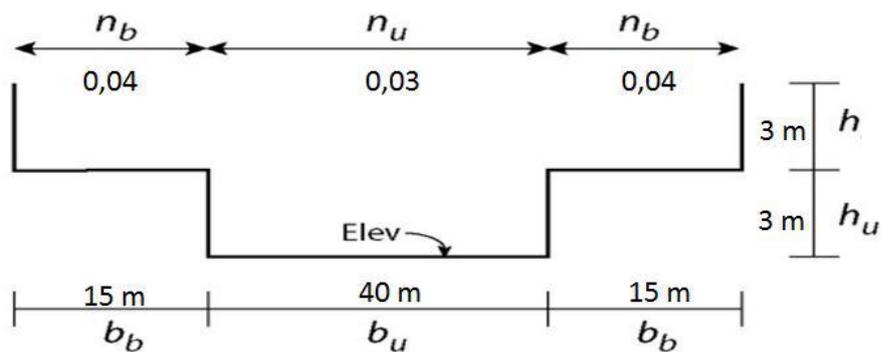
Data *input* peniruan geometri dan hidraulika saluran diperoleh melalui contoh simulasi yang telah dilakukan di Laboratorium Komputasi Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM, yaitu dengan mengambil kasus hipotetik(fiktif) Sungai Tirtaraya. Sedangkan untuk data *bridge scour* diperoleh dari artikel HEC-RAS: *Bridge Scour* (Istiarto: 2011). Untuk menjalankan *software* HEC-RAS diperlukan spesifikasi komputer antara lain: prosesor Intel Pentium 4 atau di atasnya, RAM (*Random Acces Memory*) minimal 128 MB, *operating System* memakai *Windows XP* atau *Windows 7*.

Sungai Tirtaraya terdiri dari beberapa ruas, antara lain: Sungai Tirtaraya Ruas Hulu, Sungai Tirtagiri, Sungai Tirtaraya Ruas Tengah, Sungai Tirtaraya Ruas Hilir, dan Sungai Tirtabar. Namun untuk mendapatkan hasil yang spesifik saya hanya menyimulasikan ruas sungai yang terdapat bangunan jembatan saja, yaitu pada Sungai Tirtaraya Ruas Hulu. Debit aliran di Sungai Tirtaraya Hulu sebagai parameter debit desain. Kurva ukur debit sebagai batas kedudukan muka air di hilir sungai. Jembatan melintang di Sungai Tirtaraya Hulu di tampang lintang (*station*) 5900, diantara RS 5905 dan RS 5890. Geometri jembatan sebagai berikut:

1. Jarak dari (RS 5905) adalah 1 m, lebar jembatan 13 m.
2. Elevasi lantai jembatan: dari atas elevasi + 23 m, bawah elevasi +22 m.
3. Koefisien limpasan lantai jembatan (*weir coefficient*) = 1,5.
4. Lebar pangkal jembatan kiri dan kanan 1 m bagian atas dan 2 m bagian bawah.
5. Dua buah pilar berada di 20 m dan 50 m dari tebing kiri.
6. Lebar pilar 1,5 m dari dasar sampai dengan Elevasi 17 m dan 0,8 m dari Elevasi + 17 m sampai dengan Elevasi + 22 m.

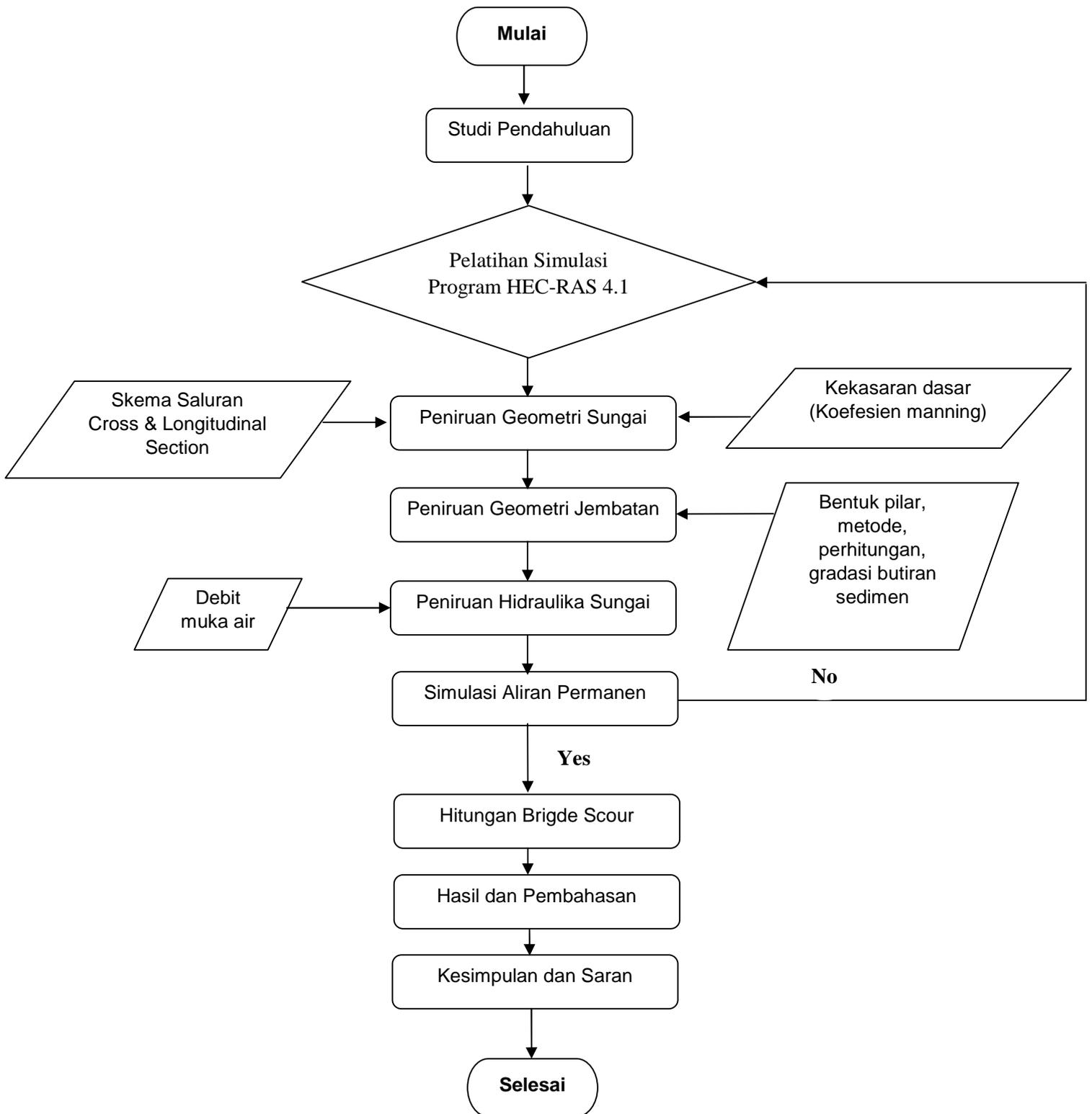


Gambar 1. Skema Alur Sungai Tirtaraya



Gambar 2. Dimensi Tampang Sungai

Pengaturan awal *software* HEC-RAS yaitu mengatur dan menetapkan nilai bawaan (nilai *default*) HEC-RAS. pengaturan yang hendak diatur seperti *Default Project Folder*, *Default Project Parameters*, *Expansion and Contraction Coefficient*, serta *Unit System (US Costumary/SI)*. Setelah pengaturan awal dilakukan dilanjutkan dengan membuat *file project*. *File project* adalah suatu *file* yang terdiri dari judul/ nama *project*, sistem satuan, daftar semua *file* dalam *project*, daftar variabel *default*. Bagan alur Pemodelan menggambarkan suatu proses tentang tahapan– tahapan dalam proses Penelitian mulai dari awal sampai akhir untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alur yang ditunjukkan pada gambar berikut:



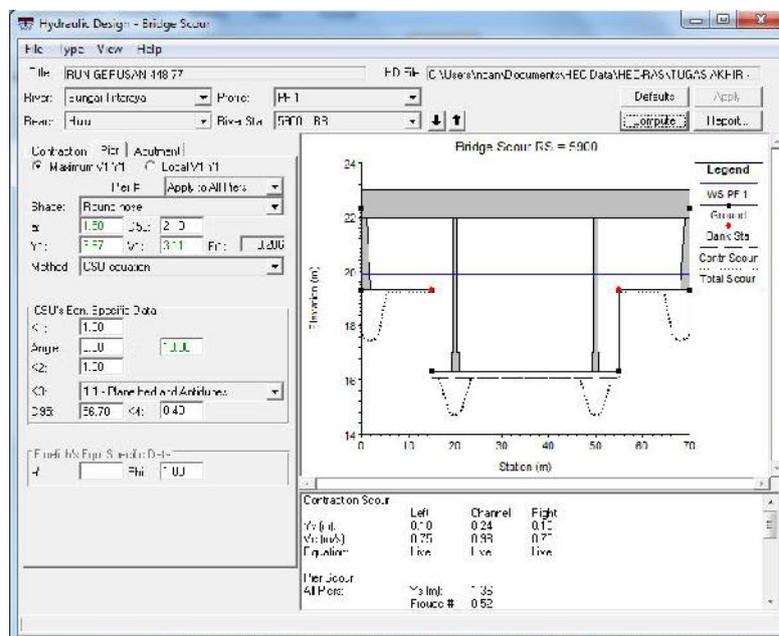
Gambar 3. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan gerusan maksimal bangunan jembatan di Sungai Tirtaraya Ruas Hulu dengan menggunakan *software* HEC-RAS, dibutuhkan data geometri sungai, data debit aliran permanen, data geometri jembatan, data kurva ukur debit di batas hilir, dan data *input* gerusan

maksimal. Diketahui sebuah jembatan melintang di Sungai Tirtaraya Ruas Hulu di tampang lintang (*station*) 5900, di antara RS 5905 dan RS 5890. Jarak dari (RS 5905) adalah 1 m, lebar jembatan 13 m. Elevasi lantai jembatan: atas Elevasi + 23 m, bawah Elevasi +22 m. Koefisien limpasan lantai jembatan (*weir coefficient*) = 1,5. Lebar pangkal jembatan kiri dan kanan 1 m bagian atas dan 2 m bagian bawah. Dua buah pilar berada di 20 m dan 50 m dari tebing kiri. Lebar pilar 1,5 m dari dasar sampai dengan Elevasi 17 m dan 0,8 m dari Elevasi + 17 m sampai dengan Elevasi + 22 m.

Setelah jembatan selesai dimodelkan dan hitungan aliran permanen telah berhasil dilanjutkan dengan perhitungan untuk memperkirakan gerusan maksimal *bridge scour* yang terjadi di sekitar jembatan. Untuk itu diperlukan data *input bridge scour*. Pada pilihan *Contraction Scour* masukkan diameter sedimen $D_{50} = 2,1$ mm, input K1 masukkan data *Water Temp* ($^{\circ}\text{C}$) = 26. Pada pilihan *Pier Scour* masukkan bentuk pilar/ *Shape* = *round nose*, sudut datang (*Angle*) = 0, bentuk dasar sungai = *plane bed and antidune*, diameter sedimen $D_{95} = 56,7$ mm, pilih metode perhitungan = *CSU Equation*. Pada pilihan *Abutment Scour* masukkan bentuk pangkal *abutment* yaitu *vertical abutment*, sudut pangkal jembatan terhadap aliran *Skew* (*deg*) = 90° , pilih metode perhitungan = *Froehlich*. Setelah proses penginputan dan perhitungan data sesuai deskripsi model dan hasil *running/ compute* dengan profil debit aliran $Q = 448,77$ m^3/s , maka didapat kedalaman gerusan maksimal sebagai berikut:



Gambar 4. Gambar Pola Gerusan maksimal pada $Q = 448,77$ m^3/s

Kedalaman gerusan adalah kombinasi dari setiap bagian, misalnya untuk mengetahui kedalaman gerusan maksimal di pilar jembatan yaitu kedalaman *contraction scour* ditambah kedalaman *pier scour* tiap masing-masing pilar. Demikian pula dengan kedalaman gerusan maksimal pada *abutment* jembatan. Dari hasil hitungan menunjukkan kedalaman gerusan di semua *abutment* dan pilar sama. Pada debit aliran $Q = 448,77$ m^3/s di sekitar pilar terjadi kedalaman gerusan yaitu mencapai 1,60 m. Dan pada daerah sekitar *abutment* terjadi kedalaman gerusan mencapai 1,85 m. Jadi dapat disimpulkan bahwa gerusan maksimal terjadi di Sungai Tirtaraya Ruas Hulu dengan debit aliran $Q = 448,77$ m^3/s didapat 1,85 m pada daerah sekitar *abutment*.

Dari hasil Pemodelan gerusan maksimal di Sungai Tirtaraya Ruas Hulu pada debit aliran 5,87-1080,15 m^3/s diatas menunjukkan bahwa kedalaman gerusan baik di pilar 1 dan pilar 2 sama besarnya, karena bentuk dan ukuran pilar 1 dan pilar 2 sama. Demikian pula kedalaman gerusan baik di *abutment* kiri dan *abutment* kanan sama besarnya, karena bentuk dan ukuran *abutment* kiri dan *abutment* kanan sama. Kedalaman gerusan maksimal terjadi di sekitar pilar

jembatan antara debit $Q = 5,87$ sampai $384,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan kedalaman maksimal yang terjadi di pangkal *abutment* antara debit $Q = 448,77$ sampai $1080,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk perbandingan kedalaman gerusan maksimal pada pilar jembatan dengan variasi profil debit aliran dapat dilihat dalam tabel dan grafik berikut.

Tabel 1. Perbandingan Gerusan maksimal pada Pilar dengan Debit Aliran

Debit Ke-	Besaran Debit/ Q (m^3/s)	Gerusan maksimal (m)
1	5,87	0,44
2	18,48	0,66
3	36,02	0,80
4	57,72	0,91
5	83,06	1,01
6	111,69	1,10
7	143,29	1,17
8	177,65	1,24
9	213,56	1,31
10	253,85	1,37
11	295,38	1,44
12	338,99	1,50
13	266,10	1,39
14	323,12	1,47
15	384,09	1,56
16	448,77	1,60
17	516,97	1,65
18	588,52	1,68
19	663,26	1,71
20	742,04	1,73
21	821,74	1,75
22	905,23	1,76
23	991,41	1,76
24	1.080,15	1,76

Pemodelan gerusan maksimal pada tiap variasi debit aliran di *software* HEC-RAS, hasil kedalaman gerusannya sudah merupakan kedalaman *equilibrium*. Maka dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pada debit $5,87 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $905,23 \text{ m}^3/\text{s}$ mulai mengalami kenaikan kedalaman gerusan. Kemudian pada debit $905,23 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $1080,15 \text{ m}^3/\text{s}$ mengalami kestabilan kedalaman gerusan, yaitu pada kedalaman $1,76 \text{ m}$.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil *running/compute* Pemodelan gerusan maksimal di Sungai Tirtaraya Ruas Hulu dengan variasi debit aliran (Q) dengan *software* HEC-RAS, maka diperoleh kesimpulan dengan profil debit aliran $Q = 5,87 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat gerusan maksimal ($Y_{s_{Max}}$) di sekitar pilar = $0,44 \text{ m}$, $Q = 18,48 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $0,66 \text{ m}$, $Q = 36,02 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $0,80 \text{ m}$, $Q = 57,72 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $0,91 \text{ m}$, $Q = 83,06 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,01 \text{ m}$, $Q = 111,69 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,10 \text{ m}$, $Q = 143,29 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,17 \text{ m}$, $Q = 177,65 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,24 \text{ m}$, $Q = 213,56 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,31 \text{ m}$, $Q = 253,85 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,37 \text{ m}$, $Q = 295,38 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,44 \text{ m}$, $Q = 338,99 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,50 \text{ m}$, $Q = 266,10 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,39 \text{ m}$, $Q = 323,12 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,47 \text{ m}$, $Q = 384,09 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) = $1,56 \text{ m}$, pada $Q = 448,77 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) di sekitar pilar = $1,60 \text{ m}$ dan didapat ($Y_{s_{Max}}$) di *abutment* = $1,85 \text{ m}$, $Q = 516,97 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) di sekitar pilar = $1,65 \text{ m}$ dan didapat ($Y_{s_{Max}}$) di *abutment* = $2,41 \text{ m}$, $Q = 588,52 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat ($Y_{s_{Max}}$) di sekitar pilar = $1,68 \text{ m}$ dan didapat ($Y_{s_{Max}}$) di *abutment* = $2,93 \text{ m}$, $Q =$

663,26 m³/s didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di sekitar pilar = 1,71 m dan didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di *abutment* = 3,41 m, Q = 741,04 m³/s didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di sekitar pilar = 1,73 m dan didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di *abutment* = 3,88 m, Q = 821,74 m³/s didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di sekitar pilar = 1,75 m dan didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di *abutment* = 4,33 m, Q = 905,23 m³/s didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di sekitar pilar = 1,76 m dan didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di *abutment* = 4,75 m, Q = 991,41 m³/s didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di sekitar pilar = 1,76 m dan didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di *abutment* = 5,16 m, dan dengan Q = 1080,15 m³/s didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di sekitar pilar = 1,76 m dan didapat ($Y_{s \text{ Max}}$) di *abutment* = 5,58 m. Jadi dengan variasi debit aliran, dapat terlihat bahwa pada debit 5,87 m³/s sampai 905,23 m³/s mulai mengalami kenaikan kedalaman gerusan pada pilar. Kemudian pada debit 905,23 m³/s sampai 1.080,15 m³/s mengalami kestabilan kedalaman gerusan pilar, yaitu pada kedalaman 1,76 m.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Alifi Yunar. (2006). *Karakteristik Gerusan Pilar Segi Empat Ujung Bulat pada Kondisi Terjadi Penurunan Dasar Sungai dengan Proteksi Tirai*. Jurnal SMARTEK. Palu: UNTAD.
- [2] Eri Yulianto. (2012). *Gerusan Lokal di Sekitar Pilar Jembatan dengan Variasi Debit Aliran. Proyek Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.
- [3] Hydrologic Engineering Center. 2010. *HEC-RAS River Analysis System (Application Guide)*, US Army Corps of Engineers. Davis, CA.
- [4] Istiarto. 2011. *HEC-RAS: Bridge Scour*. <http://istiarto.staff.ugm.ac.id/> (diakses tanggal 3 September 2012).
- [5] Istiarto. 2011. *Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar : Simple Geometry River*.
- [6] Suyono Sosrodarsono. (1983). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- [7] Tri Achmadi. (2007). *Model Hidraulik Gerusan Pada Pilar Jembatan*. Tesis. Semarang: Universitas Negeri Diponegoro