

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertemuan sungai (*confluence*) adalah fenomena alami di mana dua atau lebih aliran sungai bergabung menjadi satu, serta dapat mengangkut sediment yang dapat berbahaya bagi tebing sungai. Area ini merupakan zona hidraulik yang kompleks, ditandai dengan peningkatan turbulensi, perubahan kecepatan aliran, dan dinamika erosi yang intensif. Peningkatan energi aliran ini sering kali memicu erosi tebing sungai, yang jika tidak dikendalikan, dapat menyebabkan keruntuhan tebing, perubahan alur sungai, hilangnya lahan produktif, dan kerusakan pada infrastruktur vital seperti pemukiman dan jembatan.

Kerentanan tebing sungai terhadap erosi di area pertemuan ini sering kali diperparah oleh faktor geologi lokal dan aktivitas manusia, seperti penggundulan hutan di hulu atau penambangan pasir ilegal. Dampak negatif dari erosi akibat *confluence* telah banyak dilaporkan, tidak hanya berupa kerusakan fisik lingkungan, tetapi juga kerugian ekonomi dan sosial bagi masyarakat setempat.

Contoh nyata dari masalah ini dapat ditemukan di pertemuan Sungai Batang Kurao dan Bandar Lurus di Kecamatan Nanggalo, Padang. Pertemuan sungai yang hampir tegak lurus ini menyebabkan erosi signifikan pada tebing Batang Kurao, terutama saat debit tinggi, yang berpotensi mengancam pemukiman di sekitarnya. Studi oleh Februarman dkk. (Februarman et al., 2025) menyoroti masalah ini dan mengusulkan solusi dengan memodifikasi dasar saluran untuk mengurangi kecepatan aliran, namun belum secara spesifik membahas penggunaan bangunan pengarah aliran.

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mencari solusi mitigasi erosi yang optimal. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, studi ini berfokus pada efektivitas penggunaan bangunan pengarah aliran sebagai solusi perlindungan tebing. Bangunan ini akan diuji secara eksperimental menggunakan model fisik di laboratorium untuk menemukan posisi penempatan yang paling efektif dalam memitigasi erosi di area pertemuan Batang Kurao dan Bandar Lurus. Dapat dilihat pada Gambar 1.1 merupakan foto lokasi pertemuan Batang Kurao dan Bandar Lurus yang diambil dari Goggle Earth, dengan titik koordinat $-0.894585^{\circ}\text{LS}$ dan $100.377264^{\circ}\text{BT}$



Gambar 1. 1 Pertemuan Batang Kurao dan Bandar Lurus, (Goggle Earth,2025)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh posisi bangunan pengarah aliran terhadap tingkat erosi tebing pada pertemuan Sungai Batang Kurao dan Bandar Lurus?
2. Di posisi manakah bangunan pengarah aliran mampu memberikan mitigasi erosi yang paling optimal pada pertemuan sungai tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan posisi optimal bangunan pengarah aliran sebagai upaya mitigasi erosi pada tebing Sungai Batang Kurao di area pertemuan dengan Bandar Lurus melalui studi eksperimental menggunakan model fisik.

1.4 Manfaat Penelitian

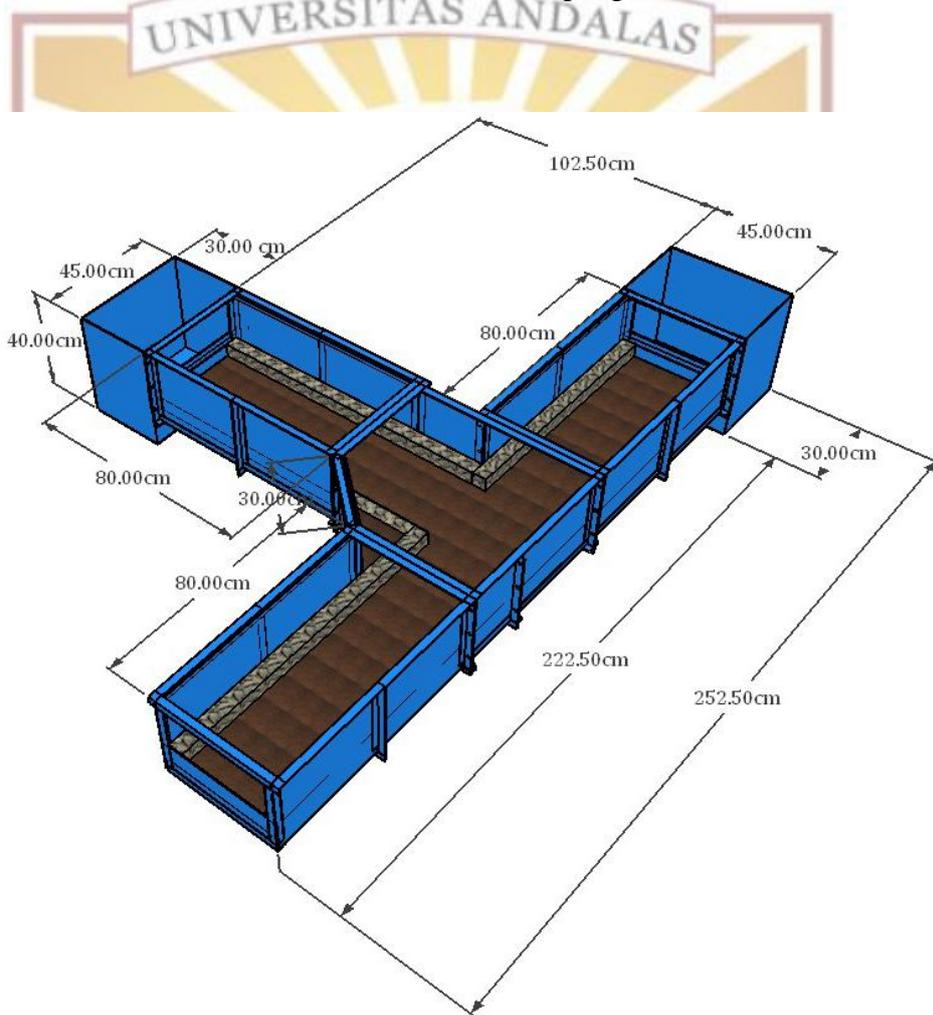
Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Secara Akademis: Menambah wawasan dan literatur ilmiah mengenai dinamika hidrolika dan mitigasi erosi pada area *confluence*.
2. Secara Praktis: Memberikan rekomendasi desain konkret mengenai penempatan bangunan pengarah aliran yang efektif untuk menanggulangi masalah erosi tebing, khususnya pada pertemuan Sungai Batang Kurao dan Bandar Lurus.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan kelayakan penelitian, beberapa batasan yang ditetapkan adalah:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika Departemen Teknik Sipil Universitas Andalas.
2. Material sedimen yang digunakan adalah jenis non-koheusif.
3. Debit aliran diatur menggunakan bukaan keran dan dihitung dengan metode volumetrik.
4. Penelitian berfokus pada studi eksperimental model fisik yang dapat dilihat pada Gambar 1.2, bukan simulasi numerik atau data lapangan.



Gambar 1. 2 Model fisik saluran yang digunakan

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Usnaini dkk (Usnaini et al., 2022) melakukan penelitian terkait daya tampung sungai dan identifikasi vegetasi pada pertemuan Sungai Kerekeh dan Sungai Semongkat, penelitian dilakukan dengan melakukan survey di lapangan dan didapatkan bahwa pada pertemuan kedua sungai tersebut terjadi longsor, tebing sungai telah dibuat dinding penahan tebing dan kondisi pada daerah hilir pertemuan sudah tidak alamiah, hal ini menandakan debit aliran Sungai Kerekeh lebih besar daripada debit aliran Sungai Semokat, dengan debit aliran Sungai Kerekeh sebesar $3,28 \text{ m}^3$ dan aliran Sungai Semokat sebesar $0,44$

Pengamatan dilakukan pada lima titik pengamatan, dari semua titik pengamatan didapatkan hasil bahwa empat titik yang tidak dapat menampung banjir. Keempat titik pengamatan tersebut adalah titik dua dengan debit banjir rencana untuk sepuluh tahun sebesar $79,48 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan daya tampung saluran sebesar $41,43 \text{ m}^3/\text{detik}$, titik ketiga dengan daya tampung saluran sebesar $6,81 \text{ m}^3/\text{detik}$, titik keempat dengan daya tampung sebesar $31,63 \text{ m}^3/\text{detik}$ serta titik kelima hanya memiliki daya tampung sebesar $35,70 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal tersebut menandakan bahwa keempat titik pengamatan tersebut memiliki kapasitas saluran lebih kecil dari debit banjir rencana yang diketahui sebesar $79,48 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan berpotensi banjir. Hanya titik satu yang memiliki daya tampung saluran $150,31 \text{ m}^3/\text{detik}$ lebih besar dari pada debit banjir rencana yaitu sebesar $79,48 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Budiaji (Nur Taufiq Budiaji, 2022) melakukan penelitian pada percabangan Batang Agam Kota Payakumbuh Sumatera Barat, penelitian dilakukan untuk mendapatkan angkutan sediment pada percabangan sungai dengan menggunakan pendekatan tiga metode perhitungan metoda perhitungan sedimen berdasarkan Einstein, metoda perhitungan berdasarkan Frijlink dan metoda perhitungan Engelund & Hansen. Berdasarkan perhitungan didapatkan data sediment menggunakan metode Einsten sebesar $33729,62 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk anak sungai, $7353,19 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk sungai utama, dan metode frijlink $4883,73 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk anak sungai, $312,24 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk sungai utama, dan metode Engelund & Hansen $26908,04 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk anak sungai, $1775,14 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk sungai utama.

Kesimpulan dari peneliian ini adalah hasil sedimentasi yang berada di sungai anakan lebih besar dibandingkan dengan sungai utama ini didasarkan oleh beberapa faktor, salah satu faktornya adalah pada lokasi percabangan debit aliran terbagi dan pada anak sungai debit aliran sangat kecil bahkan cenderung 0, dan terdapatnya banyak tikungan pada anak sungai sehingga

sedimen menumpuk dan terjadinya pengendapan. Banyak faktor yang menyebabkan angkutan sedimen tidak stabil, salah satu faktor yang paling mempengaruhi adalah debit sungai, debit sungai yang mengalir tidak tetap, melainkan selalu berubah sesuai fungsi waktu, sehingga besarnya angkutan sedimen total adalah integrasi dari angkutan sedimen sepanjang waktu tertentu.

Dong, Cheng (Dong et al., 2024) melakukan penelitian terhadap pertemuan *the Fen River (FR)* dan *Yellow River (YR)* di Provinsi Qinghai, China. Pertemuan dari kedua sungai ini mempunyai nilai sudut sebesar $41^{\circ} - 65^{\circ}$, dan proses erosi serta pendangkalan dasar sungai terjadi di sepanjang dasar saluran dan tepian sungai yang belum terkendali. Pertemuan dari sungai ini memiliki lebar antara 80 m hingga 160 m, dengan kedalaman air rata-rata 1,03 m, yang mengindikasikan bahwa sungai tersebut masuk ke dalam kategori sungai besar, lebar, dan dangkal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *remote sensing image data* untuk mengambil data luas area sungai yang menjadi objek penelitian, hubungan antara air dan sedimentasi, hubungan air dan sedimen diwakili oleh intensitas erosi fluvial rata-rata (F) dan koefisien sedimen yang masuk (ϵ), dan simulasi hidrodinamika menggunakan Delft3d untuk melakukan simulasi hidrodinamika dan morfodinamika 2D dan 1D.

Setelah dilakukan penelitian didapatkan kesimpulan bahwa, selama 50 tahun terakhir luas palung sungai di pertemuan sungai mengalami variasi dengan dasar yang berbeda, terutama pada tahun 2007 dan 2016 sebuah palung sungai muncul dengan luas $24,5 \text{ km}^2$ muncul di bagian utara dari penelitian, dan pada setelah pertemuan dari *Fen River* dan *Yellow River*, intensitas erosi fluvial mengalami peningkatan rata-rata sebesar 9,67%, sedangkan koefisien sedimen yang masuk mengalami penurunan rata-rata sebesar 5,74%. Hubungan antara air dan sedimen mengalami pergeseran kritis. Perubahan tersebut berdampak pada distribusi pola aliran primer dan sekunder, serta struktur turbulensi yang rumit di daerah pertemuan.

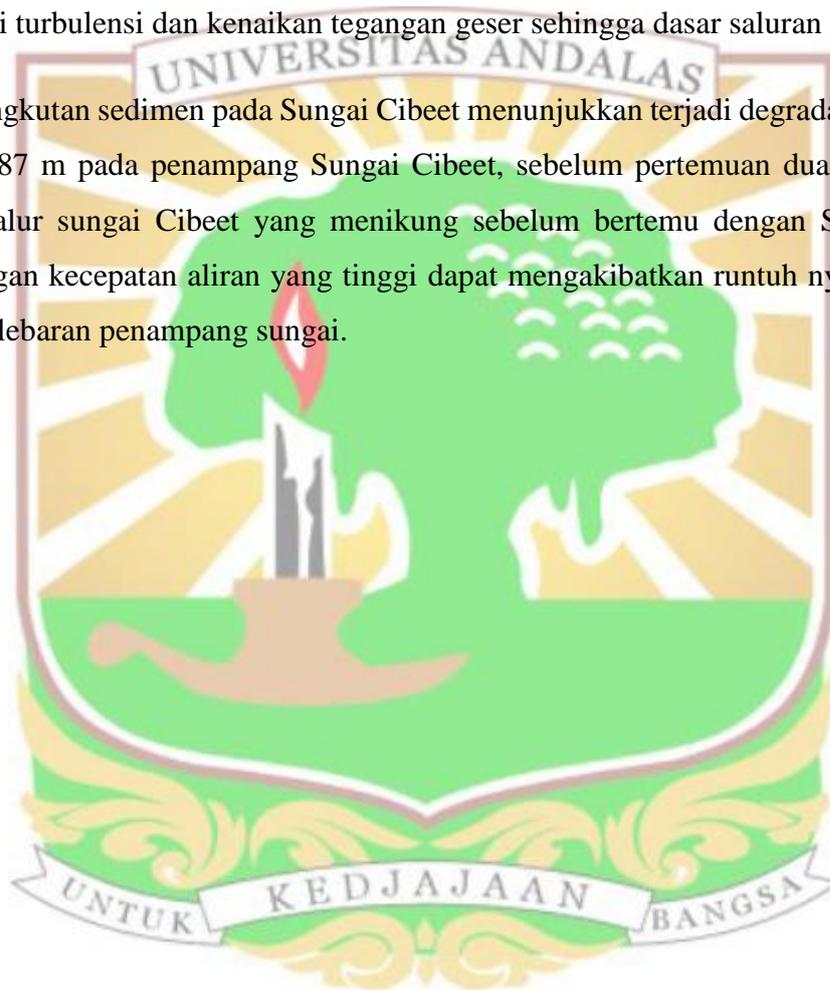
Suryadi dkk. (Suryadi et al., 2024) melakukan penelitian terhadap pertemuan ruas sungai Citarum Hilir dan Cibeet, dimana penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas penampang serta perubahan dasar sungai di sekitar pertemuan dua ruas sungai tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *numerik 1D MIKE 11 Modul Hydrodynamic* dan *Sediment Transport*. Input dari hidrodinamika adalah jaringan sungai dan penampang melintang saluran. Hidrograf dengan periode ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun digunakan sebagai batas hulu dan lengkung debit sebagai batas hilir *setup*.

Hasil hidrodinamika menunjukkan bahwa Sungai Citarum Hilir dan Sungai Cibeet tidak mampu mengalirkan debit banjir pada periode 2 tahunan, dimana kapasitas Kapasitas Sungai

Citarum sebelum pertemuan sungai sebesar $485 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan banjir Q2 tahun sebesar $498 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kapasitas Sungai Cibeet sebesar $579 \text{ m}^3/\text{detik}$ dimana banjir Q2 tahun sebesar $666,20 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kapasitas Sungai Citarum setelah pertemuan sebesar $935 \text{ m}^3/\text{detik}$, sementara banjir Q2 sebesar $1.004 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Hasil angkutan sedimen menunjukkan tidak ada perubahan signifikan elevasi dasar saluran ruas Sungai Citarum Hilir sebelum pertemuan sungai, akan tetapi setelah pertemuan sungai terjadi degradasi dasar sungai dengan perubahan elevasi $0,38 \text{ m} - 0,46 \text{ m}$, hal ini dikarenakan pada titik terjadinya gerusan merupakan zona kecepatan maksimum dimana pada area ini terjadi turbulensi dan kenaikan tegangan geser sehingga dasar saluran mudah tergerus.

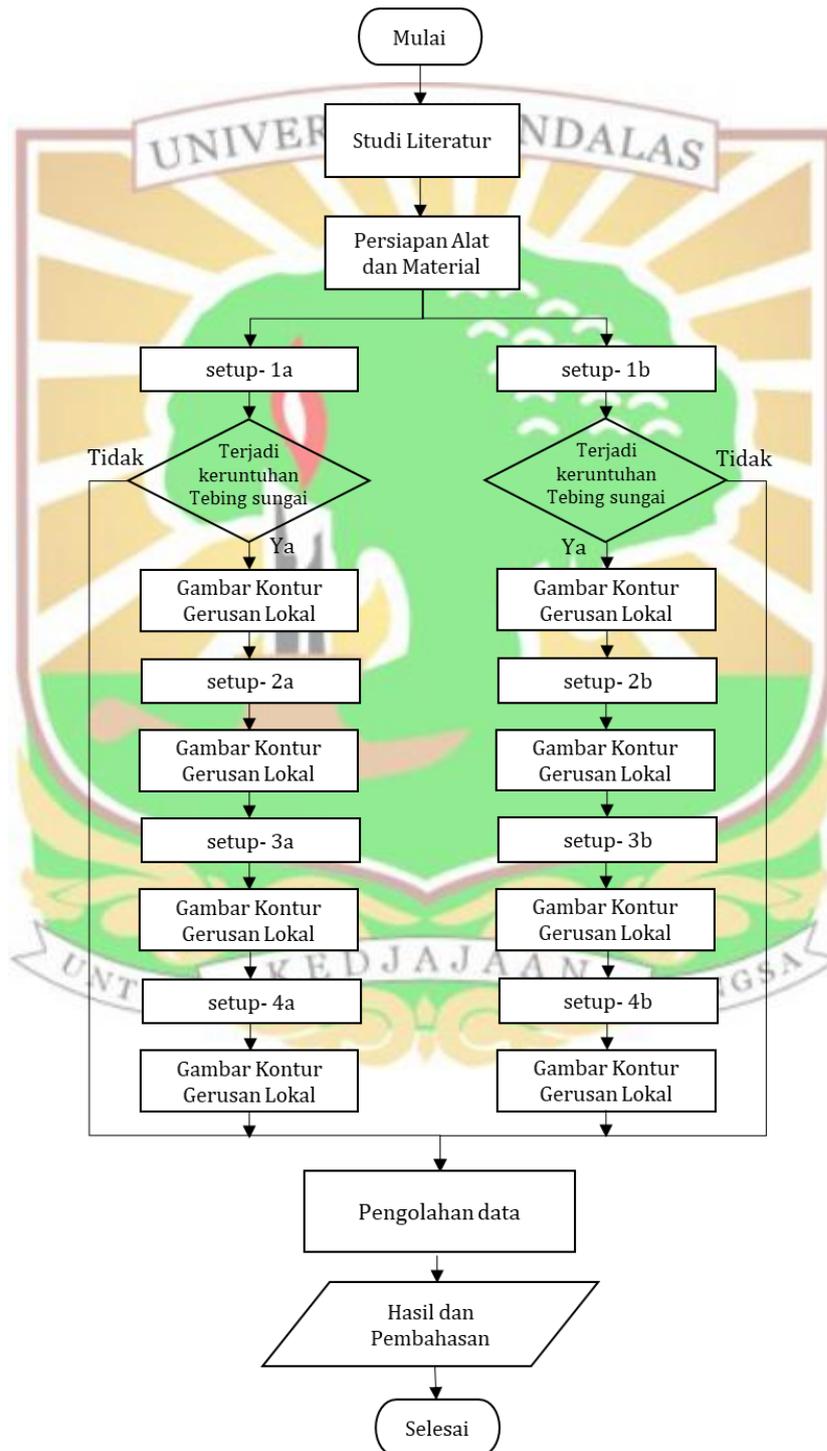
Hasil angkutan sedimen pada Sungai Cibeet menunjukkan terjadi degradasi sebesar $-0,42 \text{ m}$ sampai $-0,87 \text{ m}$ pada penampang Sungai Cibeet, sebelum pertemuan dua sungai. Hal ini dikarenakan alur sungai Cibeet yang menikung sebelum bertemu dengan Sungai Citarum, sehingga dengan kecepatan aliran yang tinggi dapat mengakibatkan runtuhnya tebing sungai dan terjadi pelebaran penampang sungai.



BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan agar memperoleh hasil yang diinginkan. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan *confluence*, dan menganalisa dampak yang dapat ditimbulkan. Dalam pengujian kali ini uji coba perletakan bangunan pengarah pada pertemuan Batang Kura dengan Bandar Lurus akan dilakukan dalam beberapa pengujian yang sesuai dengan diagram aliran yang ada pada Gambar 3.1. Dimana pengujian akan terdapat dua buah skenario yang merupakan pemisalan dari debit aliran pada pertemuan sungai, dengan skenario A dimisalkan sebagai kondisi banjir, dan skenario B dimisalkan sebagai kondisi normal. Sedangkan untuk variasi perletakan bangunan pengarah terdapat 4 buah *setup*, dan masing-masing *setup* akan dilakukan analisis bagaimana pengaruh perbedaan letak bangunan pengarah terhadap mitigasi erosi tebing sungai.

Pengujian pengaruh perletakan bangunan pengarah ini dilakukan dengan cara mengalirkan air ke dalam saluran (simulasi) untuk setiap skenario pada *setup-1* yang merupakan pemisalan dari keadaan aktual di lapangan (tanpa bangunan pengarah), dan akan dilakukan pengamatan terhadap tebing sungai yang dimisalkan dengan batu beronjong, jika terjadi keruntuhan pada bronjong yang telah disusun maka pengujian akan dilanjutkan untuk setiap *setup* dan skenario selanjutnya. Setelah dilakukan proses simulasi, akan diambil data gerusan tanah pada dasar saluran menggunakan meteran taraf dan yang selajutnya dimasukkan kedalam aplikasi surfer sehingga dapat diperlihatkan hasil gerusan akibat pertemuan dua aliran baik secara 2D ataupun 3D.

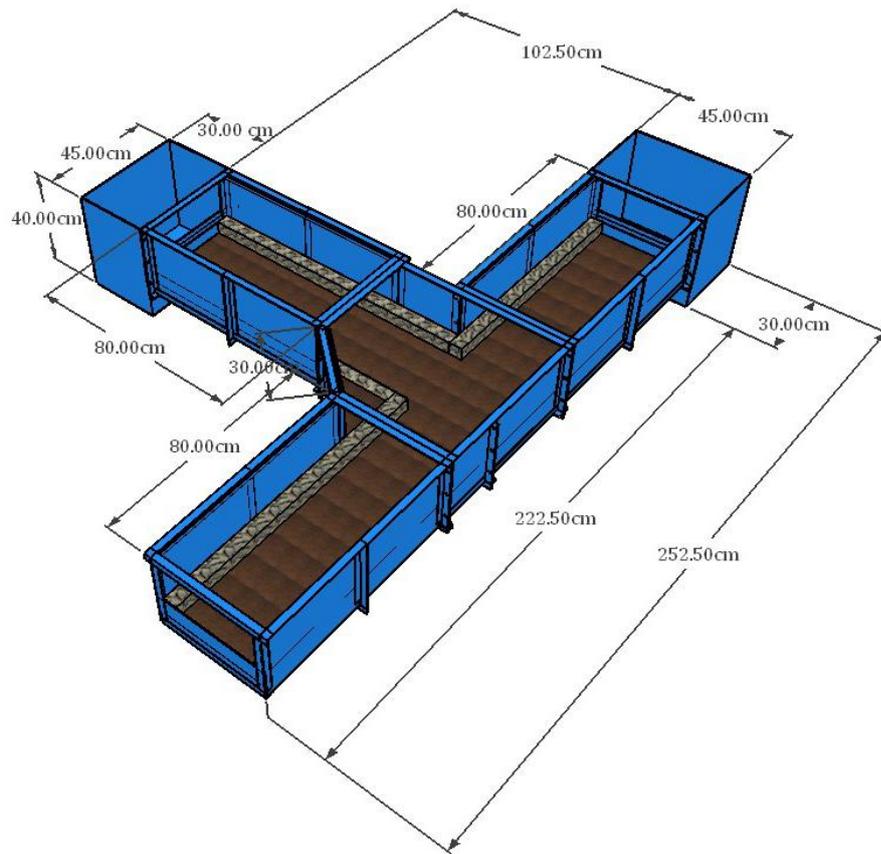
3.2 Persiapan Alat dan Material

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa peralatan yang menunjang proses pengambilan data yang terdiri dari:

3.2.1 Alat

- a. Saluran Terbuka Berbentuk Y

Saluran terbuat dari besi siku tebal 30 mm dan pelat 2 mm dengan ukuran saluran utama 222,5 cm lebar 40 cm, dan ukuran anak saluran dengan panjang 80 cm, lebar 40 cm, dimana saluran ini merupakan representasi dari pertemuan Batang Kura dan Bandar Lurus seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Model Saluran Y

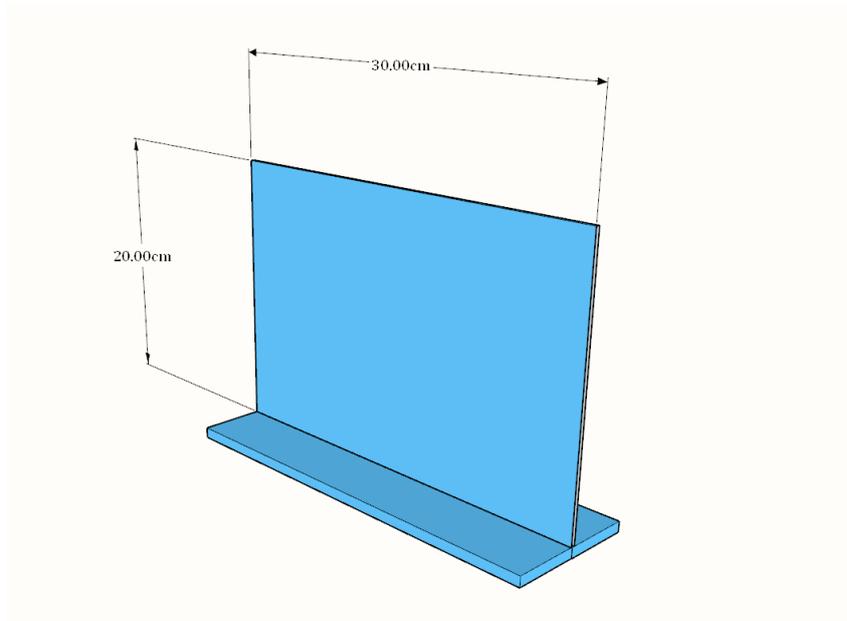
b. Bangunan Pengarah Aliran

Untuk bangunan pengarah yang digunakan disini merupakan sebuah pelat yang digunakan untuk mengarahkan aliran air pada pertemuan sungai sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3.3, berikut merupakan dimensi yang dimiliki oleh pengarah aliran yang dipakai:

Panjang = 30 cm

Tinggi = 20 cm

Ketebalan = 0.2 cm



Gambar 3.3 Detail Bangunan Pengarah

c. Pompa Air

Pada penelitian kali ini digunakan 2 buah pompa dengan dilengkapi keran untuk mengatur debit air yang dialirkan, Untuk pompa yang digunakan memiliki keluaran debit yang berbeda, dengan pompa 1 (Gambar 3.8) memiliki debit yang lebih kecil dibandingkan dengan pompa 2 (Gambar 3.9).



Gambar 3.4 Pompa Air 1



Gambar 3.5 Pompa Air 2

3.2.1 Bahan

a. Batu Bronjong

Batu beronjong merupakan kumpulan batu kali yang diikat oleh kawat (gambar3.6) yang di pasang sepanjang pada sisi tepi saluran sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3.7 yang berfungsi sebagai model tebing sungai, dengan dimensi sebagai berikut:

Panjang = 10 cm

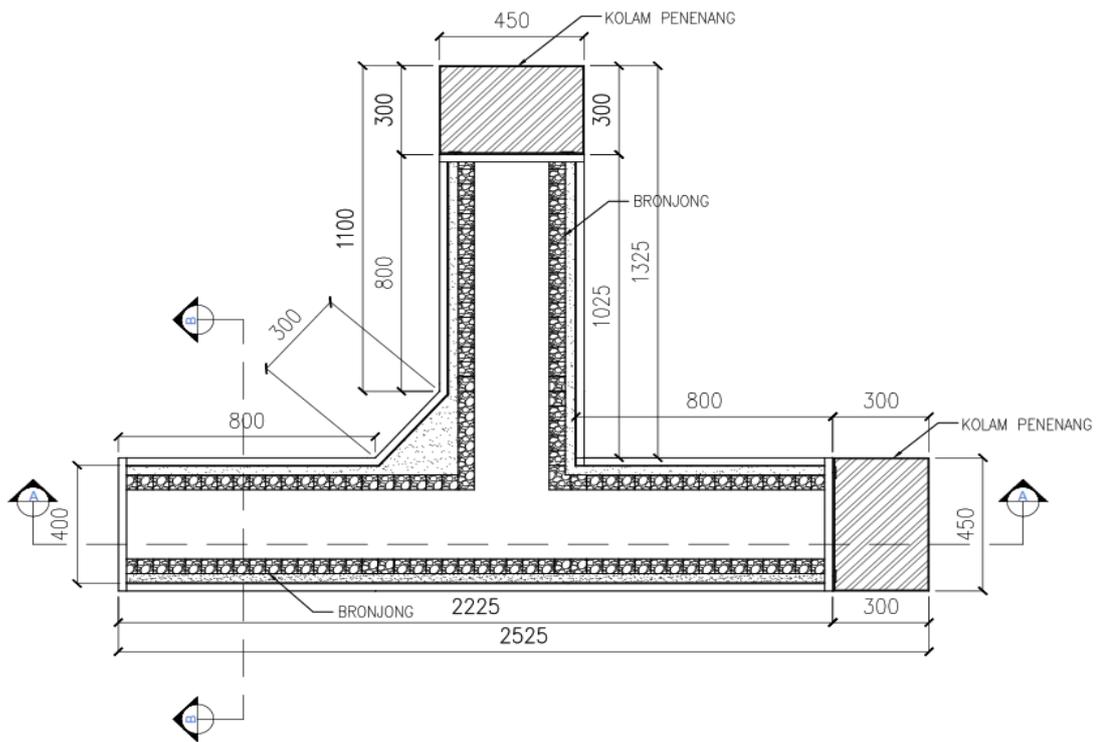
Lebar = 5 cm

Tinggi = 5 cm

Diameter = \pm 10 cm



Gambar 3.6 Batu Bronjong



Gambar 3.7 Sketsa Pemasangan Batu Bronjong

b. Sedimen

Sedimen yang digunakan pada penelitian ini merupakan sedimen yang diambil dari material dasar sungai Batang Kuranji, Padang, Provinsi Sumatera Barat yang lolos pada saringan No.4 (Gambar 3.8). Sedimen ini digunakan sebagai pemodelan dasar saluran yang akan dilakukan pengujian, sehingga akan didapatkan pola gerusan tanah serta tumpukan sedimen yang disebabkan oleh pertemuan dari dua buah aliran.



Gambar 3.8 Pasir yang lolos saringan No.4

3.3 Skenario, *Setup* dan Prosedur Eksperimental

3.3.1 Skenario Percobaan

Skenario merupakan variasi kondisi yang digunakan dalam proses pengujian, dengan asumsi bahwa setiap skenario merepresentasikan kecepatan aliran yang terjadi di lapangan. Variasi ini dicapai melalui pengaturan debit air yang dihasilkan oleh pompa.

Dalam penelitian ini digunakan dua skenario pengujian, yaitu:

1. Skenario A

Pengaturan: Pompa 1 dan Pompa 2 dioperasikan dengan bukaan kran penuh.

Asumsi Kondisi: Mewakili kondisi aliran pada saat banjir, di mana debit yang mengalir dalam saluran berada pada nilai maksimum.

2. Skenario B

Pengaturan: Pompa 1 dioperasikan dengan bukaan kran setengah, sedangkan Pompa 2 dengan bukaan kran penuh.

Asumsi Kondisi: Mewakili kondisi aliran normal, dengan debit yang lebih rendah dibandingkan kondisi banjir.

3.3.2 *Setup* Percobaan

Setup merupakan variasi tata letak bangunan pengarah yang digunakan sebagai solusi untuk mengatasi keruntuhan tebing akibat fenomena confluence (pertemuan dua aliran sungai). Variasi ini dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan posisi bangunan pengarah terhadap kondisi tebing sungai.

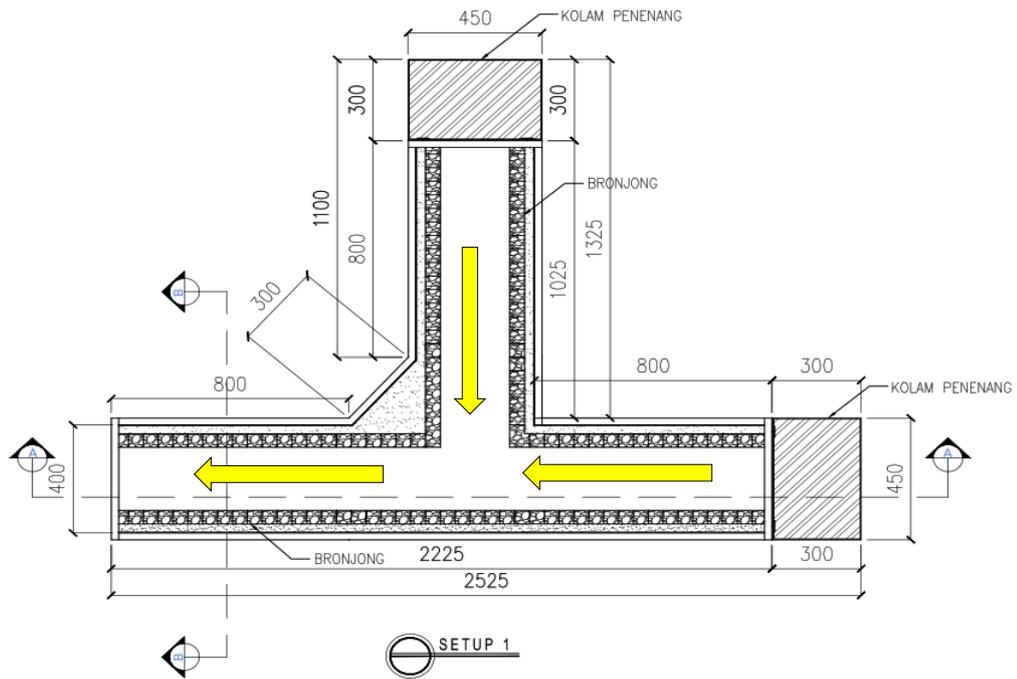
Dalam penelitian ini digunakan empat *setup* yang berbeda, di mana masing-masing memiliki perbedaan pada perletakan bangunan pengarah. Berikut adalah *setup* yang digunakan:

1. *Setup-1*

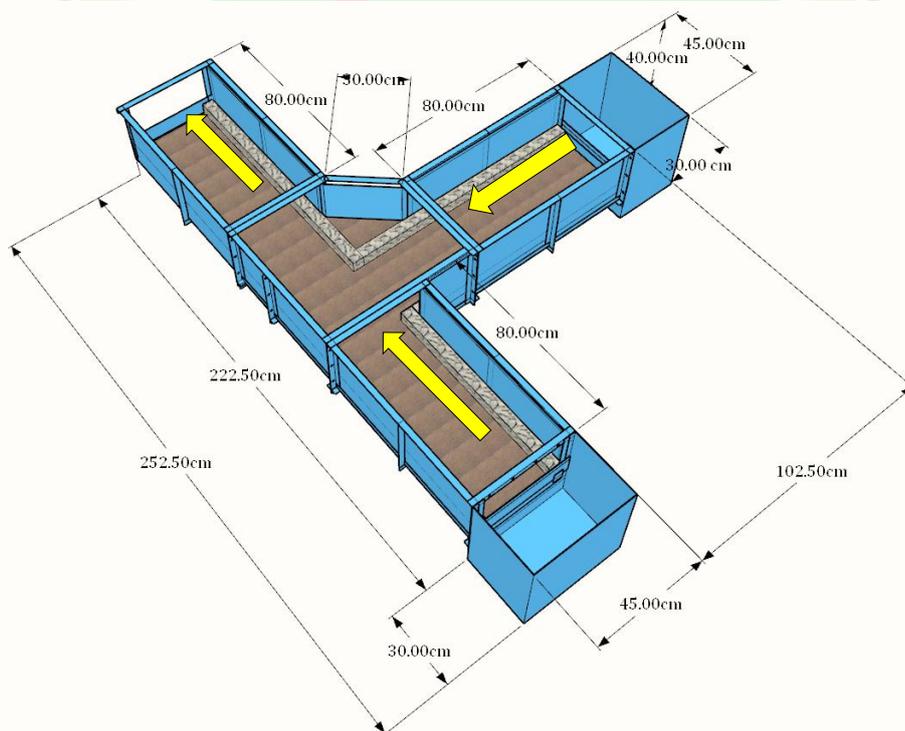
Deskripsi: Merupakan representasi dari kondisi aktual di lokasi pertemuan Sungai Batang Kurao dan Bandar Lurus.

Fungsi: Menjadi *setup* dasar (*baseline setup*) untuk menganalisis kondisi tebing sungai akibat confluence tanpa adanya modifikasi posisi bangunan pengarah.

Untuk ilustrasi *setup-1* Ditunjukkan pada Gambar 3.9 dan 3.10, dengan tanda panah sebagai penunjuk arah aliran.



Gambar 3. 9 Sketsa *Setup-1* Menggunakan *Auto-Cad*.



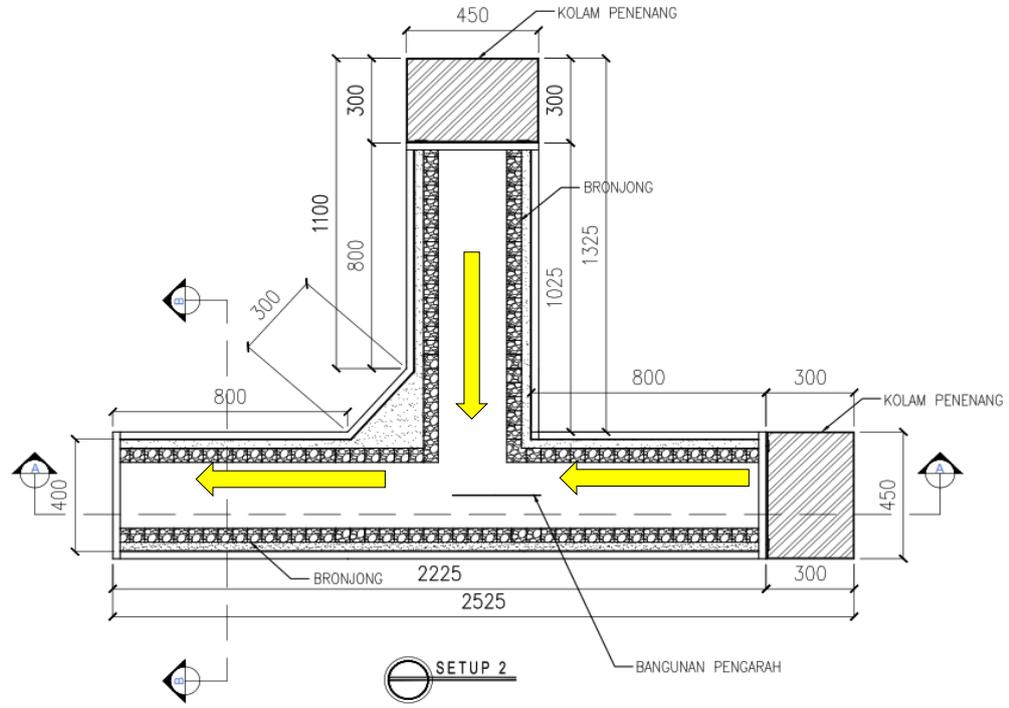
Gambar 3. 10 Sketsa 3D *Setup-1* menggunakan *SketchUp*.

2. Setup-2

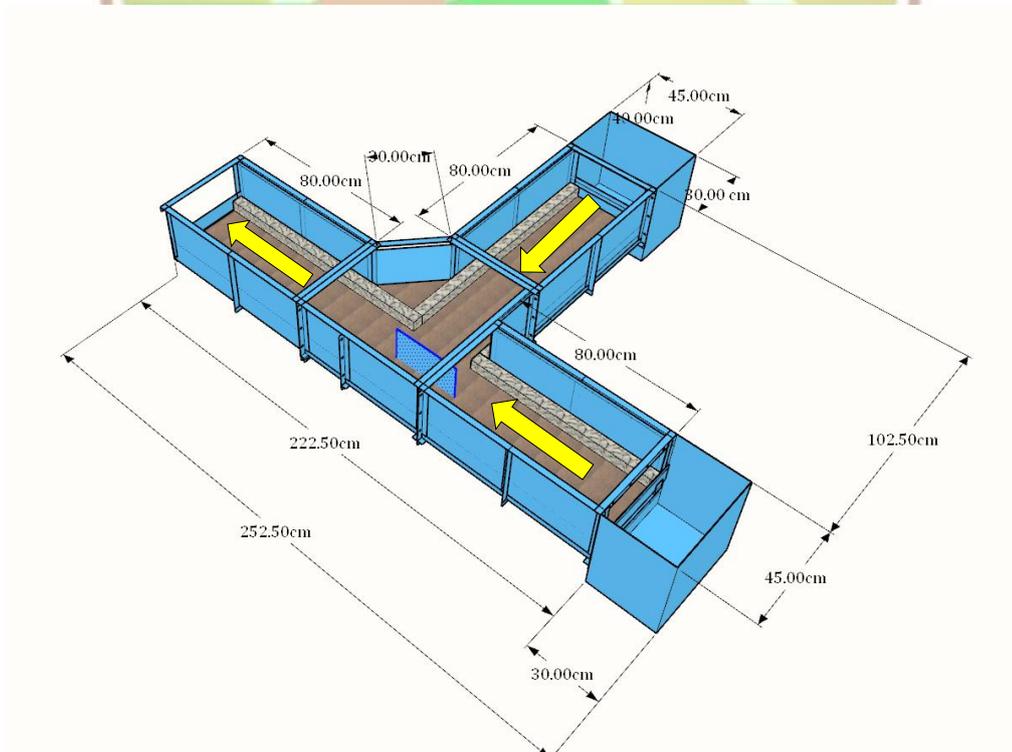
Deskripsi: Bangunan pengarah ditempatkan sebelum pertemuan sungai atau di bagian hulu aliran.

Fungsi: Untuk mengarahkan aliran sebelum memasuki titik pertemuan, sehingga diharapkan dapat mengurangi gaya erosi yang bekerja pada tebing sungai.

Ilustrasi untuk *setup-2* dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan 3.12.



Gambar 3. 11 Sketsa *Setup-2* Menggunakan *Auto-Cad*



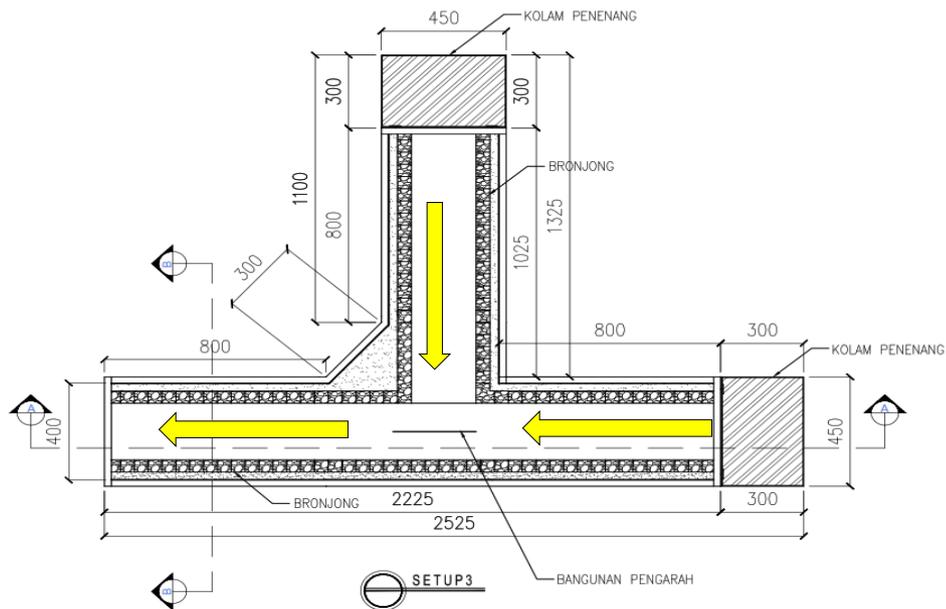
Gambar 3. 12 Sketsa 3D *Setup-2* menggunakan *SketchUp*.

3. *Setup-3*

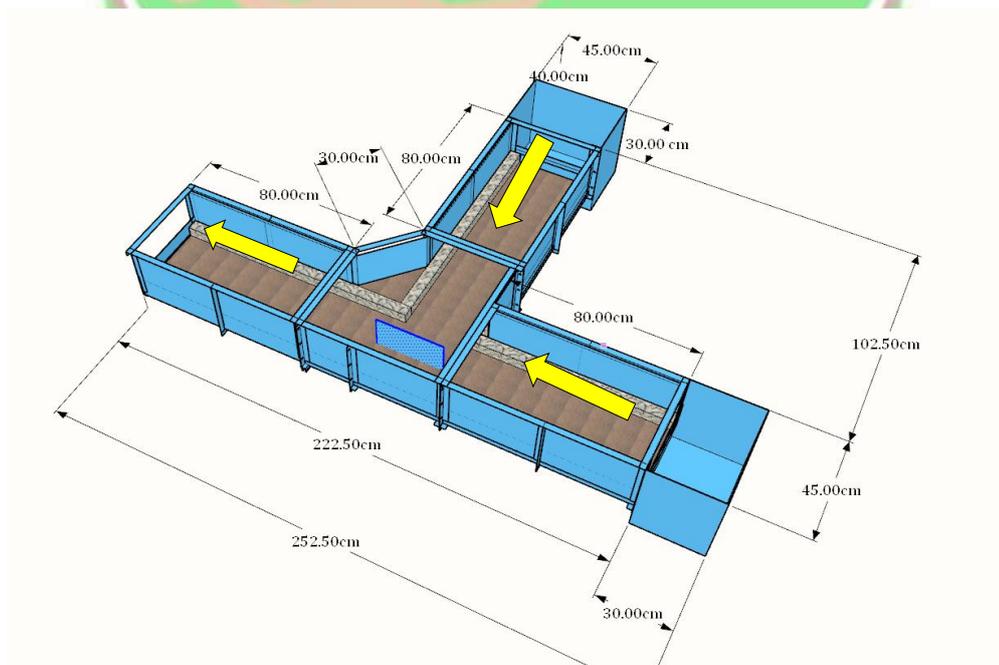
Deskripsi: Bangunan pengarah ditempatkan tepat pada titik pertemuan sungai.

Fungsi: Untuk memecah energi aliran secara langsung di lokasi confluence, sehingga pola arus yang menabrak tebing dapat diminimalkan.

Ilustrasi untuk *setup-3* Ditunjukkan pada Gambar 3.13 dan 3.14.



Gambar 3.13 Sketsa *Setup-3* Menggunakan *Auto-Cad*



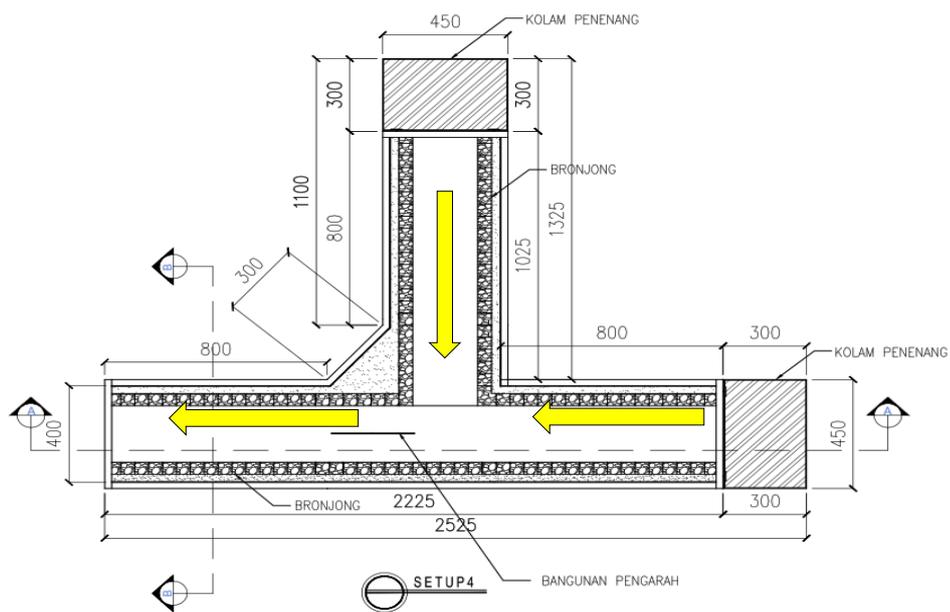
Gambar 3.14 Sketsa 3D *Setup-3* menggunakan *SketchUp*.

4. *Setup-4*

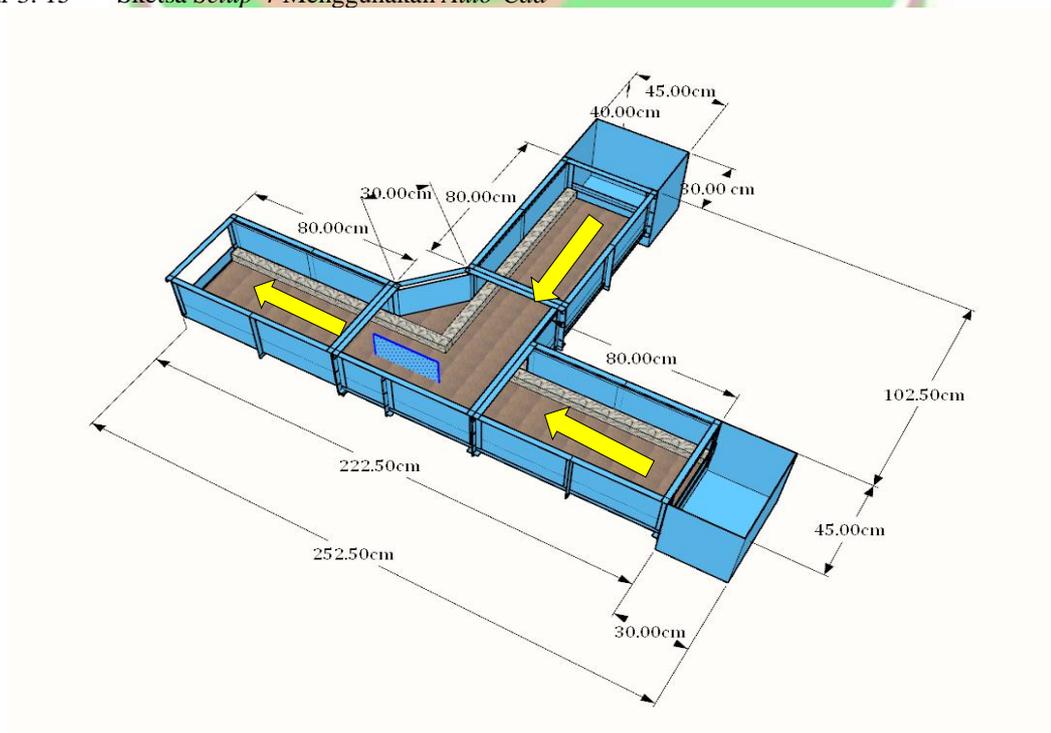
Deskripsi: Bangunan pengarah ditempatkan setelah pertemuan sungai atau di bagian hilir

Fungsi: Untuk mengendalikan arah aliran setelah melewati confluence, sehingga dapat mengurangi proses penggerusan di area hilir pertemuan sungai.

Ilustrasi *setup-4* dapat dilihat pada Gambar 3.15 dan 3.16.



Gambar 3.15 Sketsa *Setup-4* Menggunakan *Auto-Cad*



Gambar 3.16 Sketsa 3D *Setup-4* menggunakan *SketchUp*.

3.3.1 Prosedur Percobaan

Berikut merupakan langkah-langkah pengerjaan dalam penelitian ini mulai dari pengambilan data di laboratorium sampai dengan memasukan data ke aplikasi surfer:

1. Ratakan dasar saluran dengan pasir, sehingga membentuk kemiringan yang diinginkan;



Gambar 3. 17 Meratakan pasir

2. Pasang batu bronjong pada sepanjang sisi saluran;



Gambar 3. 18 Memasang batu bronjong

3. Genangkan air selama 2 menit;



Gambar 3. 19 Genangkan air pada saluran

4. Atur debit yang akan dialirkan;



Gambar 3. 20 Mengatur debit.

5. Lakukan simulasi *setup* sampai terjadi keruntuhan pada tebing dan catat waktu simulasi ;



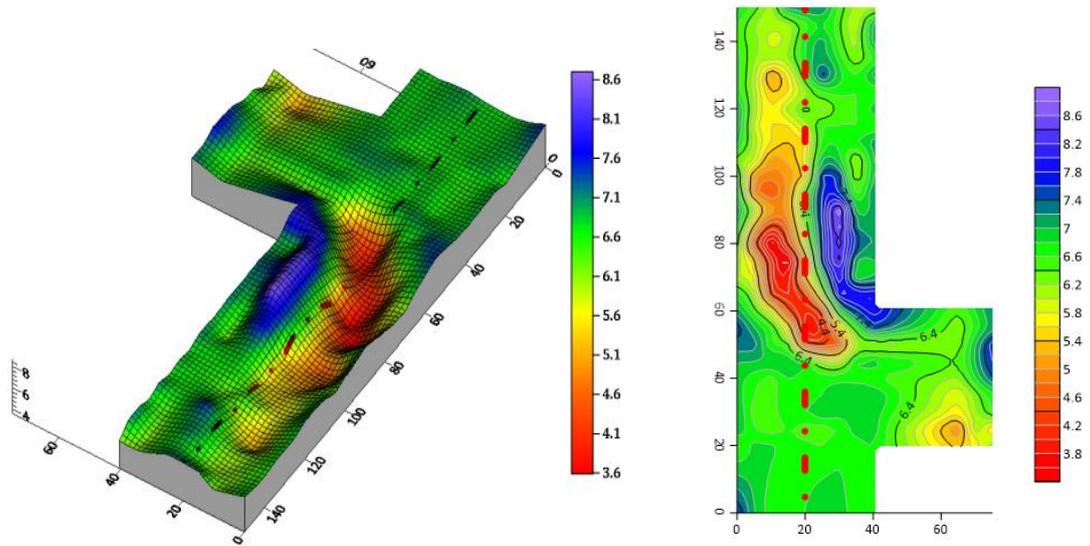
Gambar 3. 21 Pengujian dihentikan saat tebing runtuh

6. Ukur topografi yang terbentuk akibat gerusan air menggunakan meteran taraf pada pertemuan aliran, Untuk semua pengambilan data gerusan menggunakan meteran taraf digunakan nilai ketinggian 6 cm sebagai datum untuk menentukan erosi atau sedimentasi yang terjadi (jika nilai yang didapat kecil dari 6 cm maka diartikan erosi, sedangkan diatas 6 cm diartikan sebagai sedimentasi);



Gambar 3. 22 Pengukuran kedalaman gerusan lokal

7. Inputkan hasil pengukuran topografi yang disebabkan oleh gerusan air ke dalam aplikasi surfer; dan



Gambar 3. 23 Gambar 2D dan 3D dari gerusan menggunakan aplikasi surfer

8. Lakukan Semua prosedur untuk kedua skenario.

