

IMPLEMENTASI BIM BANGUNAN PELIMPAH TIPE OGEE DAN TUTS PIANO UNTUK PEMODELAN ALIRAN BANJIR PADA PROYEK PEMBANGUNAN PENGENDALIAN BANJIR DAS SANGGAI

IMPLEMENTATION OF BIM FOR OGEE TYPE SPILLWAY AND PIANO KEY TYPE SPILLWAY FOR FLOOD FLOW MODELLING ON THE SANGGAI BASINS FLOOD CONTROL PROJECT

Eko Ardianza^{1*)}, Luqman Anas Yahya¹, Pranu Arisanto¹, Didit Puji Riyanto¹

¹ Teknologi Konstruksi Bangunan Air, Politeknik Pekerjaan Umum

Korespondensi: ekoardianza@gmail.com

Diterima: 30 Januari 2025,

Disetujui: 4 Desember 2025

ABSTRAK

Perkembangan teknologi telah mendorong optimalisasi desain dan analisis teknis pada bangunan air melalui pendekatan Building Information Modelling (BIM). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja hidraulik pelimpah tipe Ogee dan Tuts Piano dalam pengendalian banjir di Kolam Retensi TR-01, DAS Sanggai, dengan memanfaatkan pemodelan BIM 3D (Autodesk Civil 3D) dan simulasi aliran banjir 2D (HEC-RAS). Debit banjir rencana (Q100) sebesar 93,1 m³/detik digunakan sebagai acuan dalam simulasi. Hasil menunjukkan bahwa pelimpah tipe Ogee mampu mereduksi banjir hingga 46,6% dengan volume tampungan 420.000 m³, sedangkan tipe Tuts Piano memiliki tampungan 527.300 m³ namun hanya mampu mereduksi banjir sebesar 20,5%. Simulasi juga menunjukkan bahwa kecepatan aliran maksimum terjadi pada pelimpah tipe Ogee (5 m/detik), sedangkan tipe Tuts Piano memiliki kecepatan maksimum 4 m/detik. Temuan ini memberikan dasar teknis untuk pemilihan tipe pelimpah dalam perencanaan pengendalian banjir berbasis BIM.

Kata kunci: Building Information Modeling (BIM), Bangunan Pelimpah, Aliran Banjir, Autodesk Civil 3D, HEC-RAS 2D

ABSTRACT

Technological developments have encouraged the optimization of design and technical analysis in water structures through the Building Information Modeling (BIM) approach. This study aims to compare the hydraulic performance of the Ogee and Piano Keys spillways in flood control in the TR-01 Retention Pond, Sanggai Watershed, by utilizing 3D BIM modeling (Autodesk Civil 3D) and 2D flood flow simulation (HEC-RAS). The design flood discharge (Q100) of 93.1 m³/s was used as a reference in the simulation. The results show that the Ogee type spillway is able to reduce flooding by up to 46.6% with a storage volume of 420,000 m³, while the Piano Keys type has a storage volume of 527,300 m³ but is only able to reduce flooding by 20.5%. The simulation also shows that the maximum flow velocity occurs in the Ogee type spillway (5 m/s), while the Piano Keys type has a maximum velocity of 4 m/s. These findings provide a technical basis for the selection of spillway types in BIM-based flood control planning.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Spillways Building, Flood Flow, Autodesk Civil 3D, HEC-RAS 2D

PENDAHULUAN

Pemerintah terus berkomitmen untuk terus melanjutkan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara, yaitu membangun kota yang layak huni, dengan memperhatikan aspek penataan ruang, aspek perlindungan, dan pengelolaan lingkungan hidup [1]. Aspek perlindungan meliputi banyak hal, yang diantaranya adalah perlindungan terhadap bencana banjir. Banyak Upaya-upaya pengendalian banjir yang dapat dilakukan, diantaranya adalah pengendalian banjir secara teknis dengan membangun bangunan pengendali banjir, yang diantaranya adalah Bendungan (Dam), Kolam Retensi (*Retention Basin*), dsb [2]

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, dalam hal ini Balai Wilayah Sungai (BWS) Kalimantan IV dipercaya untuk membangun infrastruktur pengendalian banjir di Kawasan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara. Dalam hal ini Balai Wilayah Sungai Kalimantan (BWS) IV Samarinda membangun beberapa Kolam Retensi yang tergabung dalam Paket Pembangunan Pengendalian Banjir DAS Sanggai 1A Lanjutan (KIPP) (IKN). Kolam Retensi ini dibangun beberapa titik pada aliran Sungai Trunen dan Sungai Sanggai, yang berada di Wilayah Sungai (WS) Mahakam. Kolam Retensi sendiri adalah kolam yang berfungsi untuk menampung volume air Ketika debit maksimum di Sungai dating, kemudian secara perlahan-lahan mengalirkannya Kembali Ketika debit di Sungai sudah kembali normal [3].

Secara Hidrogeologi, lokasi calon Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara terletak di daerah yang bukan cekungan air tanah (Non CAT), dengan laju infiltrasi dan permeabilitas yang rendah. Hal ini merupakan salah satu kelemahan yang ada pada lokasi Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara. Memperhatikan kemampuan resapan air pada lokasi non CAT yang rendah, teknologi resapan air sebagai sumber air baku kurang cocok diterapkan. Karenanya, Pembangunan infrastruktur pengendalian banjir perlu dikembangkan untuk mencukupi kebutuhan air baku [4].

Maka Pembangunan Kolam Retensi, pada Proyek Pembangunan Pengendalian Banjir DAS Sanggai 1A Lanjutan (KIPP) (IKN), yang semula diproyeksikan hanya sebagai infrastruktur pengendalian banjir, perlu ditambahkan fungsinya untuk memenuhi kebutuhan air baku. Kolam-Kolam Retensi yang sudah ada dan sedang dalam proses Pembangunan diproyeksikan juga untuk mensuplai air ke

beberapa embung yang ada disekitarnya. Hal ini dilakukan untuk mencegah potensi defisit air yang terjadi di embung, selain itu juga digunakan sebagai sumber air untuk keperluan pemeliharaan sarana dan prasarana yang ada di sekitar embung dan kolam retensi itu sendiri.

Pembangunan Kolam Retensi ini pada pelaksanaannya terdapat berbagai perubahanperubahan desain dalam hal rekayasa teknisnya. Hal ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air baku yang ada, dengan tidak melupakan fungsi utamanya sebagai infrastruktur pengendalian banjir. Perubahan yang terjadi, diantaranya adalah perubahan tipe Bangunan Pelimpah, dari yang semula menggunakan Bangunan Pelimpah tipe Ogee, kemudian diubah menjadi tipe Tuts Piano. Perubahan ini secara tidak langsung akan berpengaruh pada model hidrolis aliran banjir yang terjadi pada Bangunan Pelimpah saat debit banjir maksimal terjadi.

Dari beberapa literatur diketahui beberapa kelebihan dan kekurangan dari dua tipe Bangunan Pelimpah tersebut. Bangunan Pelimpah tipe Ogee cocok untuk bendungan besar dengan ketersediaan ruang dan tinggi jatuh yang memadai. Bentuknya dirancang mengikuti aliran ideal dan memberikan efisiensi maksimal pada design head. Namun, kinerjanya turun tajam bila kondisi operasional menyimpang dari nilai desain. Selain itu, strukturnya relatif besar dan tidak fleksibel untuk retrofit [5]. Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano unggul dalam efisiensi kapasitas aliran pada ruang terbatas dan tinggi jatuh rendah, membuatnya cocok untuk kolam retensi atau bendungan kecil-menengah. Namun, geometri yang kompleks menjadikannya rentan terhadap sumbatan dan membutuhkan ketelitian tinggi dalam konstruksi serta perawatan [6] [7].

Hal ini tentunya perlu dianalisa dan diperhitungkan dampaknya pada pelaksanaan pekerjaan bangunan pendukung lainnya yang sudah direncanakan sebelumnya.

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi, perhitungan dan analisa teknis jauh lebih mudah dengan adanya *Building Information Modelling* (BIM). *Building Information Modelling* (BIM) adalah pengembangan desain konstruksi melalui teknologi pemodelan yang mengaitkan serangkaian proses untuk memudahkan komunikasi dan koordinasi dalam menghasilkan analisis model bangunan [8]. Di Indonesia sendiri melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) telah menerapkan

teknologi *Building Information Modelling* (BIM) dengan mulai mewajibkan para pelaku industri konstruksi untuk mengaplikasikannya melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22 Tahun 2018. Dengan penerapan peraturan ini diharapkan dapat memudahkan analisa dan mengurangi kesalahan yang mungkin terjadi dalam proses desain dan pelaksanaan, sehingga kolaborasi dapat terjalin dengan baik serta jalannya proses konstruksi dapat dilaksanakan dengan lancar. Termasuk semua pekerjaan Bangunan Air juga wajib menerapkan peraturan ini dalam proses desain dan pembangunannya [9]. Pemoedelan BIM pada Pekerjaan Bangunan Air juga dapat menjadi alternatif pengujian model fisik Bangunan Air yang seringkali membutuhkan sumber daya material yang besar dan biaya yang tinggi [10]. Namun belum banyak studi yang membandingkan performa tipe ogee dan tuts piano secara kuantitatif menggunakan pendekatan BIM.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas Bangunan Pelimpah tipe Ogee dan Tuts Piano dalam mereduksi banjir, serta memodelkan perilaku aliran banjir menggunakan pendekatan *Building Information Modeling* (BIM) dengan mengintegrasikan model BIM 3D dengan simulasi aliran banjir menggunakan HEC-RAS 2D yang berbasis data debit banjir rencana hasil pemodelan HEC-HMS, sehingga pendekatan ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengambilan keputusan teknis terhadap pilihan desain pelimpah yang digunakan, dan mendukung pengambilan Keputusan dalam desain Bangunan Air di IKN Nusantara.

Dimensi BIM



Gambar 1 Dimensi BIM

Sumber: [11]

Pemodelan BIM tidak melulu hanya merepresentasikan dimensi 2D dan 3D saja, berikut dimensi-dimensi BIM lainnya [11].

a. 3D (*Design 3D*)

Merupakan dimensi BIM yang dapat

memperlihatkan kondisi eksisting serta dapat memberikan visualisasi keluaran proyek tersebut.

b. 4D (*Time/Scheduling*)

Merupakan dimensi BIM yang dapat memberikan visualisasi urutan tahapan konstruksi, yaitu integrasi fase konstruksi dan urutannya ke model 3D.

c. 5D (*Cost Estimate*)

Merupakan dimensi BIM yang dapat memberikan analisa quantity take off dan biaya estimasi, dengan menambahkan RAB proyek. Termasuk menyusun hubungan antara kuantitas, biaya dan lokasi pekerjaan.

d. 6D (*Sustainability/Energy Analysis*)

Merupakan dimensi BIM yang dapat memberikan analisa berdasarkan hasil pengujian model untuk menemukan kelemahan yang ada pada model. Dapat juga memberikan analisa energi yang terjadi pada model.

e. 7D (*Facility Management Application*)

Merupakan dimensi BIM yang dapat digunakan dalam operasi dan pemeliharaan fasilitas sepanjang siklus hidupnya.

Data Debit Rencana

Pada penelitian ini, debit rencana menggunakan debit banjir rencana metode hidrograf santuan sintetis *soil conservation services* (SCS) hasil analisis penulis. Penulis menganalisis debit banjir rencana menggunakan dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS 4.10 [12], dengan parameter tata guna lahan yang terdapat pada DAS Sanggai KIPP IKN. Dengan hasil pemodelan sebagai berikut:

Tabel 1 Debit Rencana (Inflow) pada Kolam Retensi TR-01

Waktu (jam)	Total Flow (m3/s)
00:00	0.0
01:00	93.4
02:00	64.3
03:00	43.6
04:00	33.4
05:00	27.4
06:00	23.9
07:00	6.0
08:00	1.1
09:00	0.2
10:00	0.0
11:00	0.0
12:00	0.0
13:00	0.0
14:00	0.0
15:00	0.0

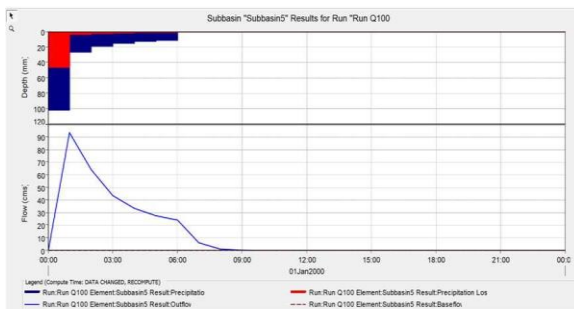
16:00	0.0
17:00	0.0
18:00	0.0
19:00	0.0
20:00	0.0
21:00	0.0
22:00	0.0
23:00	0.0

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2000	00:00				0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:00	101.76	45.97	55.79	93.4	0.0	93.4
01Jan2000	02:00	26.42	3.63	22.79	64.3	0.0	64.3
01Jan2000	03:00	18.53	1.97	16.56	43.6	0.0	43.6
01Jan2000	04:00	14.75	1.32	13.43	33.4	0.0	33.4
01Jan2000	05:00	12.45	0.98	11.47	27.4	0.0	27.4
01Jan2000	06:00	10.89	0.77	10.12	23.9	0.0	23.9
01Jan2000	07:00	0.00	0.00	0.00	6.0	0.0	6.0
01Jan2000	08:00	0.00	0.00	0.00	1.1	0.0	1.1
01Jan2000	09:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
01Jan2000	10:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	11:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	12:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	13:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	14:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	15:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	16:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	17:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	18:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	19:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	20:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	21:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	22:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	23:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
02Jan2000	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Gambar 2 Hasil Pemodelan Debit Rencana menggunakan HEC-HMS

Sumber: Hasil Analisis Penulis



Gambar 3 Hidrograf Debit Rencana (Inflow) pada Kolam Retensi TR-01

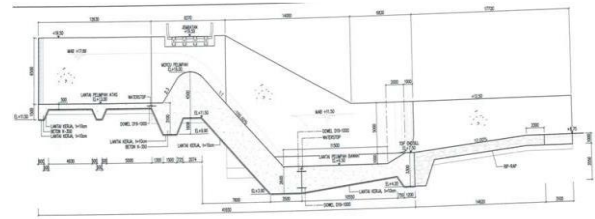
Sumber: Hasil Analisis Penulis

Data Teknis

Pada Kolam Retensi TR-01 terdapat bangunan pelimpah yang terletak sejajar dengan tanggul penutup kolam (*maindam*). Bangunan pelimpah pada mulanya direncanakan menggunakan mercu pelimpah tipe ogee, namun seiring dengan kebutuhan yang ada, terdapat perubahan desain yaitu bangunan pelimpah menggunakan mercu pelimpah tipe tuts piano. Data teknis pada bangunan-

bangunan pelimpah tersebut adalah sebagai berikut:

Pelimpah Tipe Ogee



Gambar 4 Detail Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Sumber: PT. Adhi-Abipraya, KSO

Tipe Bangunan Pelimpah = Chute Spillway

Tipe Mercu Pelimpah = Ogee Weirs

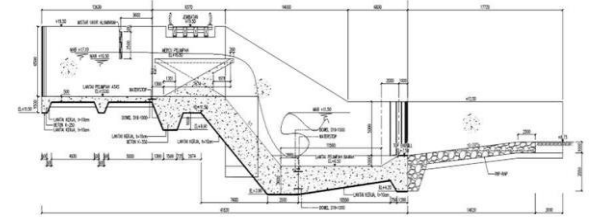
Lebar Mercu Pelimpah = 14,50 m

Elevasi Mercu Pelimpah = +16,00

Elevasi Pelimpah Atas = +13,00

Elevasi Pelimpah Bawah = + 6,50

Pelimpah Tipe Tuts Piano



Gambar 5 Detail Bangunan Pelompah tipe Tuts Piano

Sumber: PT. Adhi-Abipraya, KSO

Tipe Bangunan Pelimpah = Chute Spillway

Tipe Mercu Pelimpah = Piano Key Weirs

Lebar Mercu Pelimpah = 57,40 m

Elevasi Mercu Pelimpah = +16,50 Elevasi

Pelimpah Atas = +13,00

Elevasi Pelimpah Bawah = + 6,50

METODE

Pengolahan data dan analisis data pada penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak pendukung, sehingga didapatkan pemodelan-pemodelan yang digunakan sebagai penunjang penelitian, yang sebagai dasar kesimpulan hasil penelitian.

Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Kolam Retensi TR-01 yang ada pada Proyek Pembangunan Pengendalian Banjir DAS Sanggai 1A Lanjutan (KIPP) (IKN), yang berlokasi di Desa Bumi Harapan, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur.



Gambar 6 Kolam Retensi TR-01 pada tahap konstruksi

Sumber: Dokumentasi Penulis

Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi yang dilakukan menggunakan hasil analisis perangkat lunak HEC-HMS 4.10 [12], dengan pendekatan simulasi *reservoir routing* untuk menentukan performa kolam retensi. Data historis kejadian hujan serta hasil pemodelan hidrograf *inflow* menjadi dasar untuk memetakan elevasi muka air, volume tampungan, dan debit puncak *outflow*. Pendekatan ini menghasilkan informasi penting terkait efektivitas tiap tipe pelimpah terhadap pengendalian banjir serta potensi dampaknya terhadap struktur pendukung di sekitar kolam retensi.

Pemodelan Dimensi BIM 3D Bangunan Pelimpah pada Autodesk Civil 3D

Autodesk Civil 3D adalah pengembangan dari AutoCAD *Land Desktop*, dimana perangkat lunak ini sudah mengusung konsep *Dynamic Modelling* [13]. Yaitu konsep integrasi desain, yang mana ketika melakukan perubahan desain, maka akan secara otomatis memperbaharui integrasi proses desain yang berkaitan. *Autodesk Civil 3D* adalah perangkat lunak yang masuk klasifikasi BIM 3D, dimana perangkat lunak ini biasanya digunakan untuk pekerjaan tanah atau pekerjaan linear, seperti pemodelan saluran irigasi, bendungan, jalan, dan lain-lain. Perangkat lunak ini dapat menghitung secara cepat dan akurat kebutuhan volume pekerjaan.

Pada perangkat lunak ini ketika ada perubahan suatu parameter model maka secara otomatis

tergambarkan pada objek terkait pada keseluruhan perencanaan, tanpa perlu mengubah satu-persatu kembali. Pada setiap pekerjaan konstruksi membutuhkan suatu tipikal, pada perangkat lunak ini, tipikal dibuat dari subassemblies seperti tipikal saluran pelimpah dan daylight berupa timbunan atau galian yang menyesuaikan *surface*, *subassemblies* perlu digabungkan berupa *assemblies*. Penggabungan geometri horizontal, geometri vertikal, dan geometri penampang dari suatu *assemblies* menghasilkan model 3 dimensi yang disebut *corridor*. Model desain ini dapat digabungkan dengan permukaan eksisting yang selanjutnya dapat dianalisa pada proses lanjutan dimensi BIM.

Subassembly Composer Autodesk Civil 3D

Autodesk Subassembly Composer Civil 3D adalah perangkat lunak kantar muka yang digunakan untuk menyusun dan memodifikasi *subassembly* yang rumit dan kompleks. Perangkat lunak ini tersedia bersamaan ketika kita menginstal Autodesk Civil 3D. perangkat lunak ini memungkinkan kita dengan cepat mengembangkan sub-assembly yang kita buat, sesuai dengan kebutuhan kita. *Sub-assembly* yang sudah dibuat dapat disimpan dan kemudian digunakan kembali untuk proyek selanjutnya. Hal ini dapat mengakomodasi kebutuhan assembly para penggunanya, karena tidak selalu *subassembly* bawaan yang tersedia di tool palets Autodesk Civil 3D sesuai dengan kebutuhan proyek.

Pemodelan Dimensi BIM 6D Bangunan Pelimpah pada HEC-RAS 2D

Pemodelan dimensi BIM 6D pada penelitian ini merupakan analisa energi aliran banjir khususnya akibat efek dari adanya bangunan pelimpah dan Kolam Retensi pada umumnya, menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 2D. kemampuan pemodelan 2D HEC-RAS dengan menggunakan simulasi 2 dimensi dalam arah X dan Y menggunakan metode *diffusion wave* dan rumus Saint Venant [14]. Pada simulasi kecepatan dan kedalaman aliran dapat bervariasi pada seluruh muka air waduk, hasil model aliran 2 dimensi lebih detail meliputi kedalaman aliran dan variasi kecepatannya [15].

Hasil pemodelan dimensi 3D BIM Bangunan Pelimpah pada Civil 3D kemudian dikonversi menjadi data *terrain*, lalu kemudian diekstrak pada Ras Mapper pada perangkat lunak HEC-RAS, kemudian disimulasikan aliran debit Q_{100}

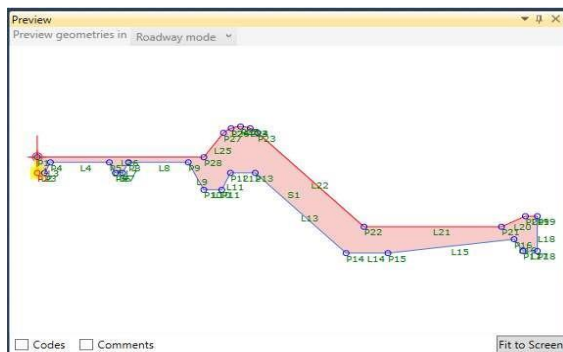
pada Bangunan Kolam Retensi. Simulasi ini dapat menyimulasikan banjir sebelum dan sesudah adanya konstruksi, berupa parameter luasan banjir, kecepatan aliran, dan nilai Froude akibat aliran banjir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Dimensi BIM 3D Bangunan Pelimpah pada Autodesk Civil 3D

Pemodelan BIM bangunan pelimpah tipe pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Autodesk Civil 3D. Pada dasarnya perangkat lunak ini umumnya digunakan untuk pemodelan bangunan sipil seperti jalan, saluran, dsb, sehingga sudah tersedia pemodelan bawaan untuk bangunan-bangunan sipil tersebut, dan hanya perlu menginputkan parameter data yang diperlukan. Tidak demikian dengan bangunan pelimpah, atau bangunan-bangunan air lainnya, yang tidak tersedia pemodelan bawaan. Hal ini merupakan tantangan tersendiri bagi penulis, sehingga untuk menjawab tantangan tersebut, penulis membuat pemodelan khusus tersendiri, dengan memanfaatkan fitur bawaan Autodesk Civil 3D yaitu *Subassembly Composer*.

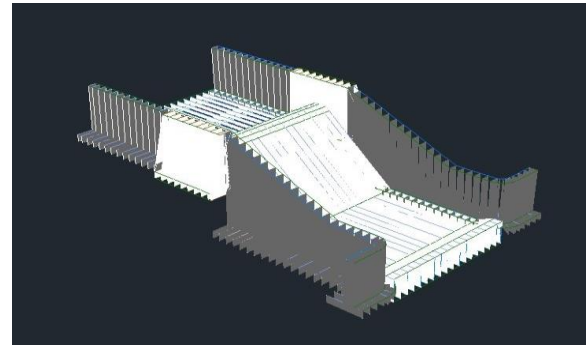
Pemodelan Bangunan Pelimpah tipe Ogee



Gambar 7 Sub-Assembly Pelimpah Ogee

Sumber: Hasil Analisis Penulis

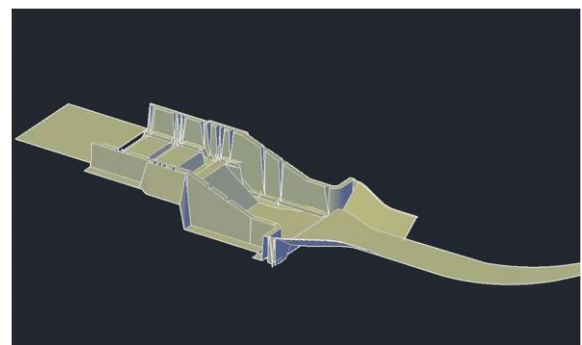
Geometri perencanaan dasar berupa *Assembly*, yang merupakan gabungan dari perakitan *subassembly*. Karena bentuk geometri pada mercu pelimpah yang rumit, dan tidak terdapatnya geometri bawaan dari Autodesk Civil 3D, maka perlu dibuat model geometri secara manual. Dalam penelitian ini model geometri dibuat menggunakan *SubAssembly Composer Autodesk Civil 3D*.



Gambar 8 Corridor Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Sumber: Hasil Analisis Penulis

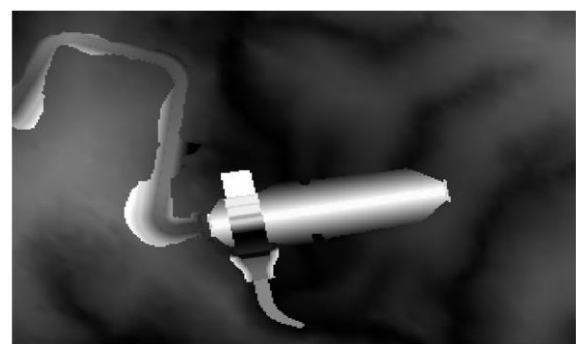
Assemblies yang telah dibuat kemudian digabungkan menjadi sebuah *corridor*, dengan elevasi mengikuti *alignment* yang telah ada.



Gambar 9 Surface Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Corridor yang telah dibuat, kemudian dibuat menjadi *surface*.

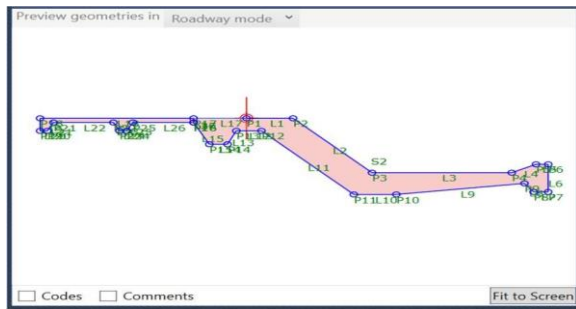


Gambar 10 DEM Bangunan Pelimpah tipe Ogee dan Bangunan Kolam Retensi Lainnya

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Surface Bangunan Pelimpah yang sudah dibuat kemudian diekspor menjadi model elevasi digital (DEM), dan digabungkan dengan *surface* topografi eksisting, dan *surface* bangunan-bangunan lain pada perencanaan Kolam Retensi.

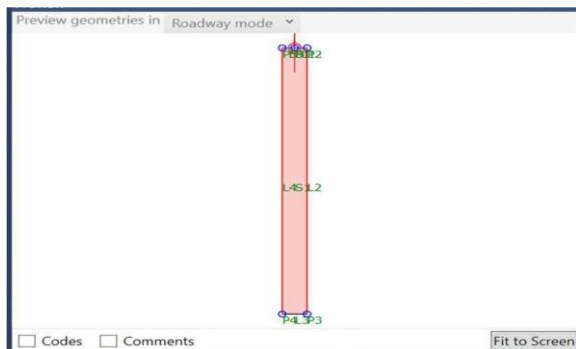
Pemodelan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano



Gambar 11 Sub-Assembly Pelimpah tipe Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

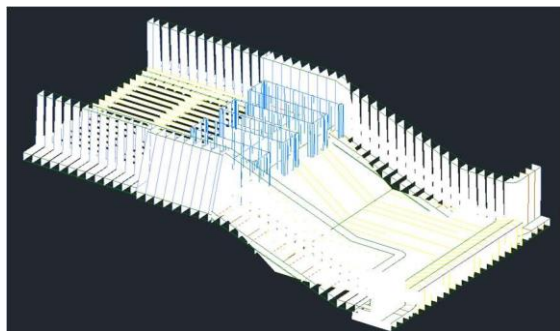
Geometri perencanaan dasar berupa *Assembly*, yang merupakan gabungan dari perakitan *subassembly*. Karena bentuk geometri pada mercu pelimpah yang rumit, dan tidak terdapatnya geometri bawaan dari Autodesk Civil 3D, maka perlu dibuat model geometri secara manual. Dalam penelitian ini model geometri dibuat menggunakan Sub-Assembly Composer Autodesk Civil 3D.



Gambar 12 Sub-Assembly Mercu Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

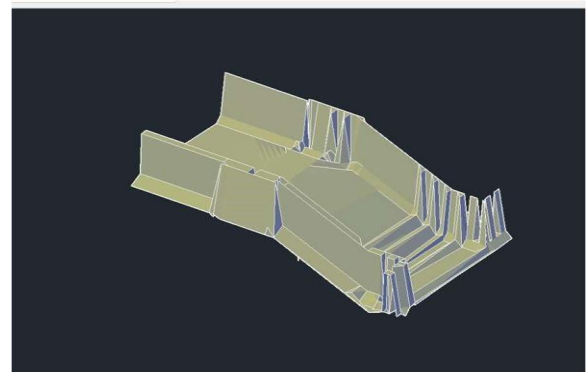
Untuk bangunan pelimpah tipe Tuts Piano, model geometri mercu pelimpah dibuat terpisah, karena mempertimbangkan kompleksitas dari bentuk geometri mercu Tuts Piano.



Gambar 13 Corridor Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

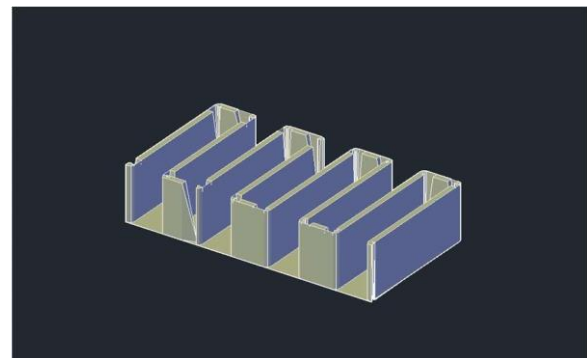
Assemblies yang telah dibuat kemudian digabungkan menjadi sebuah *corridor*, dengan elevasi mengikuti alignment yang telah ada.



Gambar 14 Surface Pelimpah tipe Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

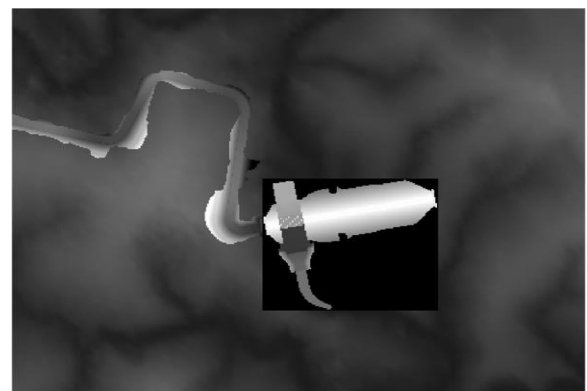
Corridor yang telah dibuat, kemudian dibuat menjadi *surface*.



Gambar 15 Surface Mercu Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Surface mercu tuts piano dibuat terpisah dengan bangunan pelimpah lainnya.



Gambar 16 DEM Bangunan Pelimpah tipr Tuts Piano dan Bangunan Kolam Retensi Lainnya

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Surface Bangunan Pelimpah yang sudah dibuat kemudian diekspor menjadi model elevasi digital (DEM), dan digabungkan dengan surface topografi eksisting, dan surface bangunanbangunan lain pada perencanaan Kolam Retensi.

Pemodelan Dimensi BIM 6D Bangunan Pelimpah pada HEC-RAS 2D

Pemodelan Aliran Banjir Bangunan Pelimpah tipe Ogee

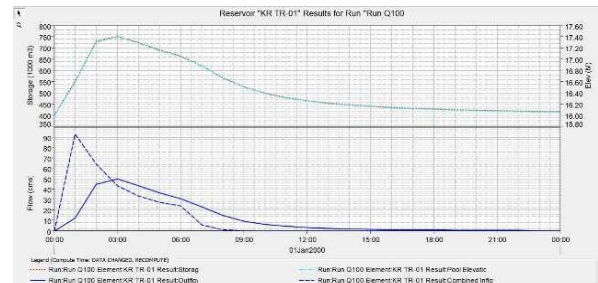
Pemodelan aliran banjir pada Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano, dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter fungsional dari pada tipe bangunan pelimpah tipe Ogee yang direncanakan. Parameter-parameter tersebut diantaranya adalah besaran reduksi banjir, tampungan total, muka air normal, muka air banjir, dan pengaruhnya terhadap bangunan pendukung yang telah dibangun. Adapun hasil analisa dan pemodelan aliran banjir yang terjadi adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Time Series Table Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Waktu (jam)	Inflow (m ³ /s)	Tampun gan m ³	Elevasi m	Outflow (m ³ /s)
00:00	0.0	402.0	16.0	0.0
01:00	93.4	551.1	16.6	12.5
02:00	64.3	730.6	17.3	44.7
03:00	43.6	753.7	17.4	49.9
04:00	33.4	725.3	17.3	43.5
05:00	27.4	692.3	17.2	36.4
06:00	23.9	664.3	17.0	30.9
07:00	6.0	622.1	16.9	23.3
08:00	1.1	568.2	16.7	14.8
09:00	0.2	527.6	16.5	9.5
10:00	0.0	499.7	16.4	6.4
11:00	0.0	480.2	16.3	4.5
12:00	0.0	466.2	16.3	3.3
13:00	0.0	455.6	16.2	2.5
14:00	0.0	447.6	16.2	2.0
15:00	0.0	441.2	16.2	1.6
16:00	0.0	436.1	16.1	1.3
17:00	0.0	432.0	16.1	1.0
18:00	0.0	428.6	16.1	0.9
19:00	0.0	425.7	16.1	0.7

20:00	0.0	423.3	16.1	0.6
21:00	0.0	421.2	16.1	0.5
22:00	0.0	419.4	16.1	0.5
23:00	0.0	417.9	16.1	0.4

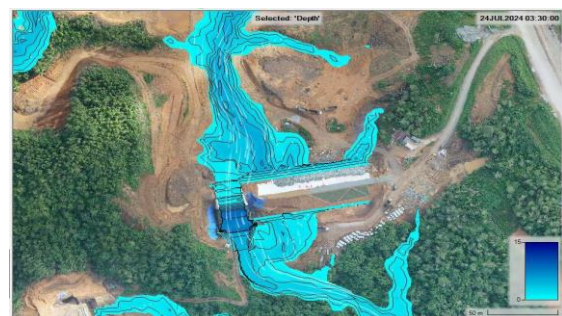
Sumber: Hasil Analisis Penulis



Gambar 17 Hidrograf Banjir Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Dari hasil analisa penelusuran banjir melalui waduk (*reservoir Routing*) menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS 4.10, didapatkan puncak debit *outflow* dari Bangunan Pelimpah tipe Ogee pada Q_{100} sebesar 49,9 m³/detik. Sehingga Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Ogee, dapat mereduksi aliran banjir sebesar 43,5 m³/detik (46,6%). Diketahui juga muka air normal pada Q_{100} berada pada elevasi +16,00 m dan volume tampungan total sebesar 420,000 m³. Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Ogee juga diketahui dapat menunda terjadinya waktu puncak banjir selama 2 jam, dari *inflow*.

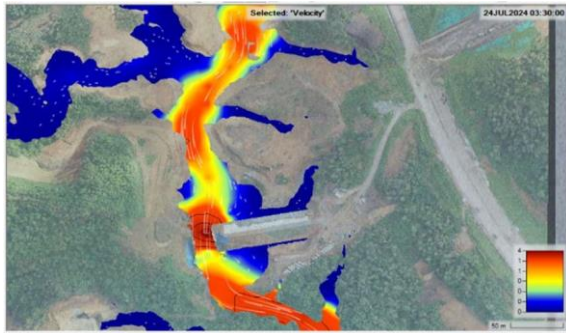


Gambar 18 Pemodelan Aliran Banjir Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Dari hasil pemodelan yang dilakukan penulis, didapatkan muka air banjir pada Kolam Retensi TR-01 terjadi pada elevasi +17,40. Diketahui dari pemodelan bahwa debit banjir yang terjadi tidak sampai ke lokasi Jalan Inspeksi. Sehingga Jalan Inspeksi yang sudah dibuat dapat digunakan

dengan aman, dan terhindar dari genangan banjir Q_{100} yang terjadi.



Gambar 19 Kecepatan Aliran Banjir Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Ogee

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Dari hasil pemodelan diketahui bahwa kecepatan aliran yang terjadi pada hulu dan hilir bangunan pelimpah bervariasi. Perubahan kecepatan aliran yang paling besar terjadi pada saat aliran melewati bangunan pelimpah. Dari pemodelan tersebut diketahui kecepatan maksimum aliran pada Bangunan Pelimpah sebesar ± 5 m/detik yang terpusat pada Mercu Bangunan Pelimpah.

Pemodelan Aliran Banjir Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano

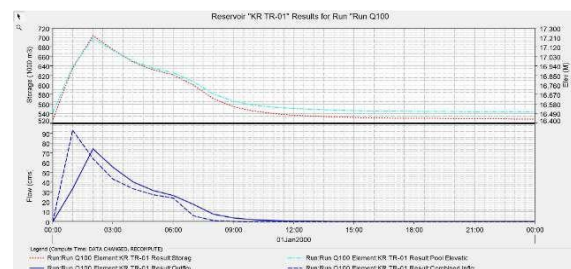
Pemodelan aliran banjir pada Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano, dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter fungsional dari pada tipe bangunan pelimpah tipe Tuts Piano yang direncanakan. Parameter-parameter tersebut diantaranya adalah besaran reduksi banjir, tampungan total, muka air normal, muka air banjir, dan pengaruhnya terhadap bangunan pendukung yang telah dibangun. Adapun hasil analisa dan pemodelan aliran banjir yang terjadi adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Time Series Table Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano

Waktu (jam)	Inflow (m^3/s)	Tampungan m^3	Elevasi m	Outflow (m^3/s)
00:00	0.0	527.3	16.5	0.0
01:00	93.4	635.8	16.9	33.7
02:00	64.3	703.5	17.2	74.3
03:00	43.6	674.5	17.1	55.6
04:00	33.4	648.3	17.0	40.3
05:00	27.4	632.2	16.9	31.9

06:00	23.9	621.6	16.9	26.7
07:00	6.0	600.2	16.8	17.5
08:00	1.1	571.3	16.7	7.8
09:00	0.2	554.6	16.6	3.7
10:00	0.0	545.3	16.6	1.9
11:00	0.0	540.0	16.6	1.1
12:00	0.0	536.8	16.5	0.7
13:00	0.0	534.7	16.5	0.5
14:00	0.0	533.2	16.5	0.3
15:00	0.0	532.1	16.5	0.3
16:00	0.0	531.3	16.5	0.2
17:00	0.0	530.7	16.5	0.1
18:00	0.0	530.2	16.5	0.1
19:00	0.0	529.8	16.5	0.1
20:00	0.0	529.5	16.5	0.1
21:00	0.0	529.3	16.5	0.1
22:00	0.0	529.1	16.5	0.1
23:00	0.0	528.9	16.5	0.0

Sumber: Hasil Analisis Penulis



Gambar 20 Hidrograf Banjir Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

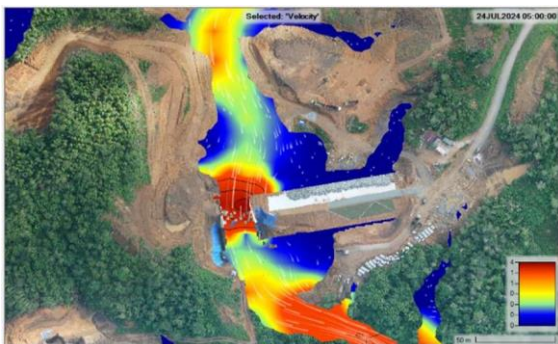
Dari hasil analisa penelusuran banjir melalui waduk (*Reservoir Routing*) menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS 4.10, didapatkan puncak debit *outflow* dari Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano pada Q_{100} sebesar 74,3 $m^3/detik$. Sehingga Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano, dapat mereduksi aliran banjir sebesar 19,1 $m^3/detik$ (20,5%). Diketahui juga muka air normal pada Q_{100} berada pada elevasi +16,50 m dan volume tampungan total sebesar 527,300 m^3 . Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano juga diketahui dapat menunda terjadinya waktu puncak banjir selama 1 jam, dari *inflow*.



Gambar 21 Pemodelan Aliran Banjir Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Dari hasil pemodelan yang dilakukan, didapatkan muka air banjir pada Kolam Retensi TR-01 terjadi pada elevasi +17,20. Diketahui dari pemodelan bahwa debit banjir yang terjadi tidak sampai ke lokasi Jalan Inspeksi. Sehingga Jalan Inspeksi yang sudah dibuat dapat digunakan dengan aman, dan terhindar dari genangan banjir Q_{100} yang terjadi.



Gambar 22 Kecepatan Aliran Banjir Kolam Retensi TR-01 dengan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano

Sumber: Hasil Analisis Penulis

Dari hasil pemodelan diketahui bahwa kecepatan aliran yang terjadi pada hulu dan hilir bangunan pelimpah bervariasi. Perubahan kecepatan aliran yang paling besar terjadi pada saat aliran melewati bangunan pelimpah. Dari pemodelan tersebut diketahui kecepatan maksimum aliran pada Bangunan Pelimpah sebesar ± 4 m/detik yang terpusat pada Mercu Bangunan Pelimpah.

KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan aliran banjir diketahui Bangunan Pelimpah tipe Ogee dapat mereduksi banjir Q_{100} sebesar 43,5 m³/detik (46,6 %) dengan muka air banjir pada elevasi +17,40, dan volume tampungan efektif sebesar 527.300 m³,

dan kecepatan maksimum aliran pada Bangunan Pelimpah sebesar ± 5 m/detik. Sedangkan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano dapat mereduksi debit banjir Q_{100} sebesar 19,1 m³/detik (20,5 %) dengan muka air banjir pada elevasi +17,20, volume tampungan efektif sebesar 402.300 m³, dan kecepatan maksimum aliran pada Bangunan Pelimpah sebesar ± 4 m/detik. Dari muka air banjir hasil pemodelan masing-masing Bangunan Pelimpah diketahui bahwa perubahan tipe Bangunan Pelimpah pada Kolam Retensi tidak berpengaruh pada bangunan pendukung lainnya yang sudah dibangun sebelumnya.

Maka dapat disimpulkan bahwa dari segi reduksi banjir Bangunan Pelimpah tipe Ogee lebih efektif ketimbang Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano. Sementara Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano memiliki keunggulan dari segi volume tampungan efektif. Dan dapat disimpulkan juga bahwa Implementasi *Building Information Modelling* (BIM) terbukti efektif untuk mendukung desain dan analisis teknis, dimana BIM diimplementasikan pada Bangunan Pelimpah tipe Ogee dan tipe Tuts Piano menggunakan perangkat lunak Autodesk Civil 3D sebagai model 3 dimensi pada BIM, selanjutnya aliran banjir pada masing-masing Bangunan Pelimpah dianalisa menggunakan perangkat lunak HEC-RAS sebagai kelanjutan dimensi 6D BIM.

Saran praktis yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah Bangunan Pelimpah tipe Ogee dapat tetap digunakan jika fokus utama dari Pembangunan Kolam Retensi ini adalah sebagai bangunan pengendali banjir. Sedangkan Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano dapat dipertimbangkan jika Kolam Retensi memiliki kebutuhan tampungan yang lebih besar, serta terdapat kendala geometri di Lokasi Pembangunan. Bangunan Pelimpah tipe Tuts Piano juga dapat dipertimbangkan jika terdapat tujuan tambahan selain untuk pengendalian banjir, misal untuk kebutuhan air baku dengan memanfaatkan volume tampungan yang dapat ditambah dengan merubah tipe bangunan pelimpah dari Ogee ke Tuts Piano.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Adhi-Abipraya, KSO., PT. Rayakonsult KSO – PT. Sarana Dian Persada – PT. Brama Seta Indonesia, dan Balai Wilayah Sungai (BWS) Kalimantan IV Samarinda atas dukungan yang diberikan selama perjalanan penelitian ini. semoga jalinan kerja sama dalam penulisan ini

dapat berjalan terus untuk kedepannya, sehingga menghasilkan tulisan-tulisan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. Naskah Akademik Rancangan Undang-undang tentang Ibu Kota Negara, Kementerian PPN/Bappenas, 2021.
- [2] T. P. Modul Metode Pengendalian Banjir, Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017.
- [3] A. A. Kunaifi, "Kolam Retensi (Retarding Basin) sebagai alternatif pengendalian banjir dan rob," no. 1, 2012.
- [4] T. P. Rekomendasi Perspektif Sumber Daya Air untuk Pengembangan Calon Ibu Kota Negara, Dewan Sumber Daya Air Nasional, 2021.
- [5] U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design Hydraulic Design of Spillways EM 1110-2-1603, U.S. Army Corps of Engineers, 1992.
- [6] R. K. Bhukya, M. Pande, M. Valyrakis and p. Michalis, "Discharge Estimation over Piano Key Weirs: A Review of Recent Developments," *Water*, vol. 14, 2022.
- [7] M. G. Eltarabily, A. K. Hamed, M. Elkiki and T. Selim, "Hydraulic assessment of different types of pianokey weirs," *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 31, pp. 8-31, 2025.
- [8] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee and P. Teicholz, *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owner, designer, engineer, and facility managers*, John Wiley & Sons, 2018.
- [9] M. F. Fawji, E. N. Cahya and V. Dermawan, "Implementasi 6D Building Information Modeling (BIM) pada Saluran Pengelak Bendungan Margatiga dengan Aplikasi Civil 3D dan HEC-RAS 2D," *Jurnal Teknik Pengairan*, vol. 13 (1), pp. 63-74, 2022.
- [10] D. P. Riyanto, F. F. Hakim and P. Arisanto, "The Influence of Stilling Basin Length on Velocity Changes Using Computational Fluid Dynamics Analysis," *Earth and Environmental Science*, vol. 1303, no. 1, 2023.
- [11] Kementerian Pekerjaan Umum, *Prinsip Dasar Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia*, 2018.
- [12] Hydrologic Engineering Center, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*, US Army Corps of Engineers, 2010.
- [13] C. Davenport and I. Voiculescu, *Mastering AutoCAD Civil 3D 2016: Autodesk Official Press*, John Wiley & Sons, 2015.
- [14] Hydrology Engineering Center, *HEC-RAS River Analysis System Users Manual*, US Army Corps of Engineers, 2010.
- [15] T. Sutapa, *Studi Perbandingan Permodelan Banjir Sungai Dolog dengan Simulasi 1D dan 2D Menggunakan Software HEC-RAS*, 2020.