

PENERAPAN KOLAM RETENSI DALAM PENGENDALIAN DEBIT BANJIR AKIBAT PENGEMBANGAN WILAYAH KAWASAN INDUSTRI

**Albert Wicaksono¹, Doddi Yudianto², Bambang Adi Riyanto³ dan
Gneis Setia Graha⁴**

¹Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan Bandung, telp. 022-2033691, email: albert.wcso@unpar.ac.id

²Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Unpar, telp. 022-2033691, email: doddi_yd@yahoo.com

³Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Unpar, telp. 022-2033691, email: b_adiriyanto@yahoo.com

⁴Alumni Jurusan Teknik Sipil Unpar, email: gneissg@gmail.com

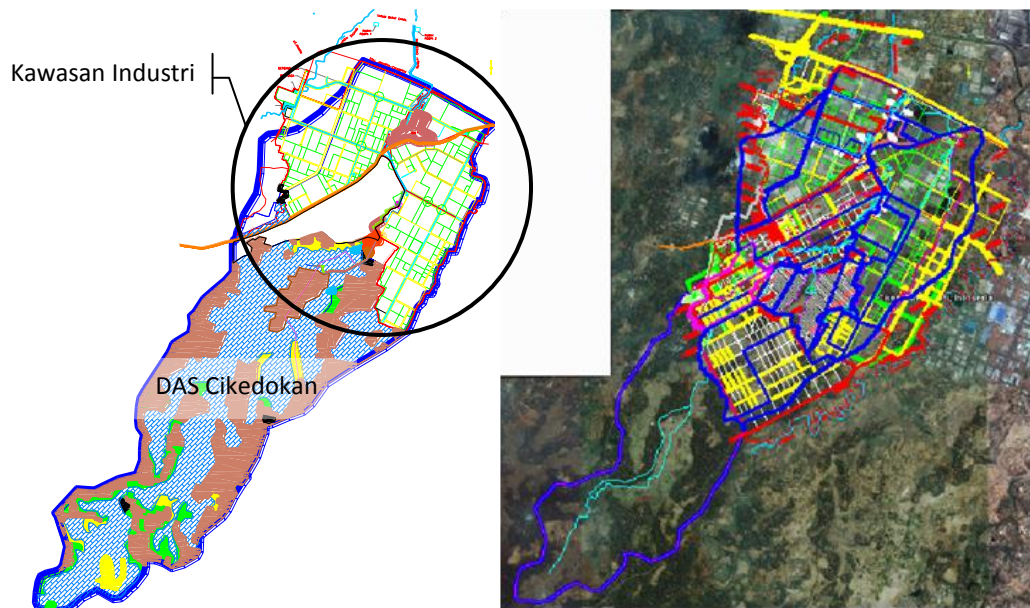
ABSTRAK

Penyediaan lahan industri merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang pergerakan industri seiring peningkatan perekonomian negara. Akibat pengembangan kawasan yang kurang terencana dengan baik, salah satu kawasan industri di Provinsi Jawa Barat kini mengalami genangan di sejumlah lokasi. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa perluasan lapisan kedap air di daerah hulu menyebabkan peningkatan debit yang sangat signifikan dari 34 m³/s menjadi 91 m³/s. Terkait hal tersebut, maka studi ini akan mencoba mencari solusi yang dapat digunakan untuk mengendalikan peningkatan puncak debit banjir tersebut. Salah satu alternatif solusi adalah menggunakan kolam retensi, namun terbatasnya ketersediaan lahan bagi penyediaan kolam retensi dalam hal ini menjadi salah satu kendala pengendalian limpasan. Dengan memanfaatkan luas lahan yang tersedia sebesar 1,5 ha dan 3 ha, limpasan yang terjadi hanya mampu direduksi menjadi 50 m³/s. Permasalahan lain yang juga dihadapi adalah lokasi outlet saluran drainase yang berada tepat di hulu gorong-gorong dan memiliki elevasi di bawah kedalaman normal muka air saluran utama. Kondisi ini menyebabkan terjadinya aliran balik yang pada akhirnya menuntut dilakukannya peninggian elevasi muka jalan setinggi 50 cm sepanjang 175 m serta penggantian gorong-gorong.

Kata kunci: pengembangan kawasan industri, pengendalian limpasan permukaan, penerapan kolam retensi

PENDAHULUAN

Peningkatan ekonomi negara menyebabkan daya beli masyarakat meningkat yang ditandai dengan semakin konsumtifnya masyarakat tersebut. Peningkatan permintaan dari masyarakat ini menyebabkan pihak produsen meningkatkan kapasitas produksinya dengan mendirikan pabrik atau gudang baru. Mendirikan pabrik atau gudang tentunya membutuhkan lahan dan biasanya lahan tersebut terletak tidak berjauhan dengan lokasi pabrik lama sehingga pengembangan pabrik ini akan dilakukan di kawasan industri yang sama. Hal inilah yang juga dihadapi oleh salah satu kawasan industri yang berlokasi di Cibitung, Kotamadya Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Apabila ditinjau dari aspek hidrologis, maka kawasan ini berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikedokan sebagaimana tergambar pada 0.

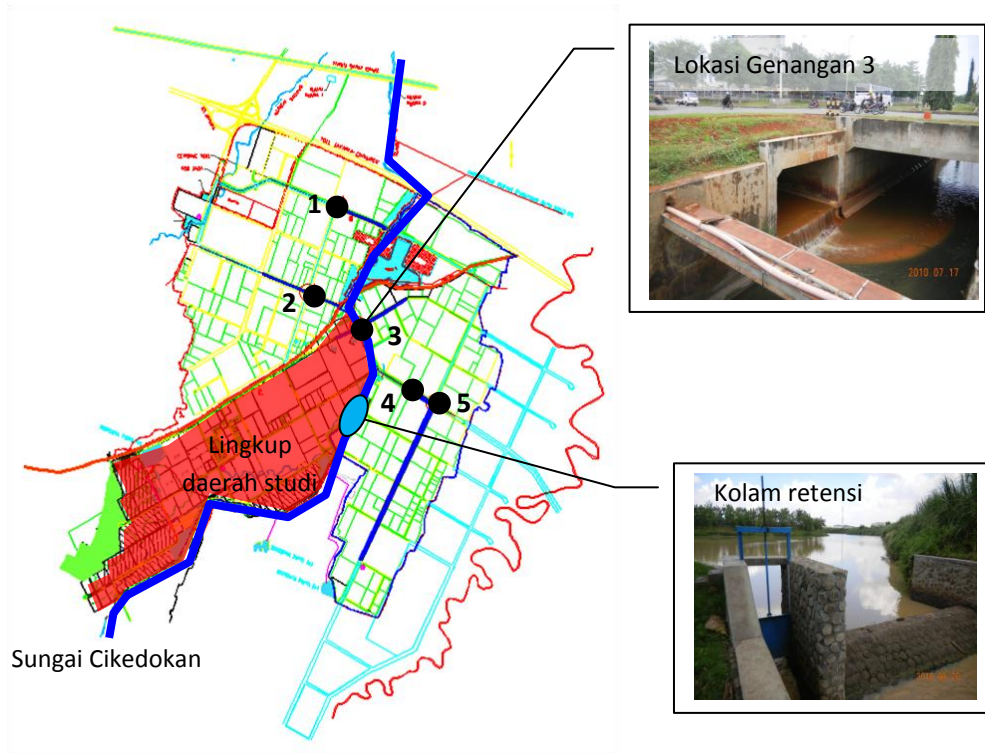


Tata Guna Lahan DAS Cikedokan^[1]

Kawasan industri yang berdiri sejak tahun 1990 ini pada awalnya memiliki lahan seluas 805 ha yang dikembangkan dalam tiga fase pengembangan yaitu fase 1, 2 dan 3. Saat ini, seiring perkembangan dari pabrik-pabrik yang berada di dalam kawasan ini, maka saat ini lahan yang diperlukan mencapai 1.200 ha yang akan dilakukan secara bertahap. Pengembangan kawasan ini tentunya akan merubah jenis tutupan lahan DAS Cikedokan yang awalnya berupa sawah dan lahan terbuka yang mampu meresapkan air menjadi kawasan kedap air. Perubahan tata guna lahan ini akan menyebabkan air hujan yang jatuh akan langsung berubah menjadi limpasan permukaan yang akibatnya akan menaikkan nilai puncak debit banjir pada kawasan tersebut.

Dampak dari perubahan nilai puncak debit banjir ini sudah mulai terasa pada kawasan ini, ditandai dengan semakin seringnya terjadi genangan di beberapa lokasi di dalam kawasan industri sebagaimana tergambar pada 0. Namun, studi ini hanya memfokuskan pada permasalahan genangan di lokasi 3 yang merupakan titik outlet dari salah satu kawasan yang akan dikembangkan dari yang semula hanya 60,1 ha menjadi 183,25 ha. Selain itu, pada lokasi ini terdapat pertemuan aliran dari saluran drainase kawasan dengan Sungai Cikedokan. Elevasi dasar saluran drainase yang hanya 50 cm di atas dasar sungai mengakibatkan ketika muka air di sungai cukup tinggi, aliran dari saluran drainase tidak dapat mengalir ke sungai dan menyebabkan limpasan di daerah tersebut.

Pada kawasan industri ini sebenarnya sudah terdapat beberapa kolam retensi yang telah dibuat menyebar di beberapa lokasi pada kawasan ini. Salah satunya berada pada alur Sungai Cikedokan dengan luas 2,71 ha. Saat ini kolam tersebut mampu mereduksi debit limpasan dari daerah hulu sebesar 30%. Namun kolam retensi ini tidak mampu untuk mereduksi debit limpasan akibat pengembangan wilayah yang terjadi. Melihat permasalahan yang terjadi, maka studi ini akan mencoba melakukan analisis dan simulasi untuk mencari alternatif solusi yang dapat digunakan untuk mengendalikan limpasan yang terjadi di kawasan ini.



Lokasi genangan dan lingkup daerah studi^[1]

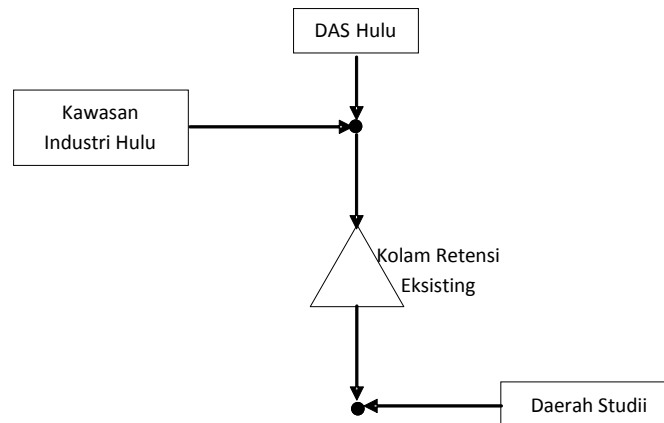
METODOLOGI

Analisis debit banjir dilakukan menggunakan hidrograf satuan sintetik (HSS) SCS dimana memperhitungkan faktor tata guna lahan dengan nilai *Curve Number* (CN) yang bervariasi antara 1 sampai 100 dimana semakin besar nilainya maka limpasan yang terjadi semakin besar pula. Dengan adanya parameter ini, maka perubahan tata guna lahan dapat dianalisis dengan mudah. Secara matematis, besarnya debit banjir yang dihitung berdasarkan metode SCS dinyatakan sebagai berikut^[2]:

$$q_p = \frac{C \cdot A}{T_p} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan q_p adalah debit banjir puncak ($m^3/sekon$), C adalah koefisien pengali (2,08 untuk satuan SI), A adalah luas daerah pengaliran (km^2) dan T_p adalah waktu dari awal hujan sampai puncak banjir (jam).

Analisis debit dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS versi 3.5 berdasarkan rangkaian data hujan harian selama 15 tahun (1989–2003) hasil pencatatan stasiun Bekasi. Analisis dilakukan pada debit banjir periode ulang 5 tahun dengan asumsi hujan terdistribusi selama 3 jam. Distribusi hujan yang digunakan berdasarkan pola distribusi di Pulau Jawa, dimana menggunakan pola 68%, 24% dan 8% untuk jam pertama, kedua dan ketiga. Adapun pemodelan HEC-HMS mengacu pada skema model yang secara sederhana tersaji pada 0.



Skema pemodelan HEC-HMS

Simulasi tampungan pada kolam retensi, mengacu pada prinsip penelusuran banjir tampungan (*reservoir routing*) yang pada dasarnya dirumuskan sebagai^[3]:

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan I adalah aliran yang masuk ke dalam tampungan (*inflow*) (m³/s), O adalah aliran yang dikeluarkan dari tampungan (*outflow*) (m³/s), ΔS adalah perubahan tampungan (m³) dan Δt adalah selang waktu (s).

Analisis debit banjir dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi eksisting saat ini dan kondisi yang akan datang. Kondisi akan datang yang dimaksud adalah kondisi dimana terjadi pengembangan kawasan industri. Selain analisis debit banjir dan simulasi tampungan, juga akan dilakukan analisis profil muka air pada Sungai Cikedokan dan saluran drainase. Analisis hidraulik menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS versi 4.1 yang merupakan model aliran satu dimensi. Analisis aliran pada model HEC-RAS mengacu pada aliran langgeng dan profil muka air pada setiap penampang dihitung berdasarkan persamaan Manning yang dirumuskan sebagai berikut^[4]:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S_f} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan Q adalah nilai debit (m³/s), n adalah koefisien kekasaran Manning, A adalah luas penampang basah (m²), R adalah keliling basah (m) dan S_f adalah kemiringan garis energi. Perangkat lunak HEC-RAS pada dasarnya hanya akan mencari nilai kedalaman pada setiap penampang dimana kedalaman ini berada di dalam variabel luas dan keliling basah^[4]. Data masukan pada model HEC-RAS berupa data penampang memanjang dan melintang saluran yang diperoleh dari pihak pengelola kawasan industri.

HASIL ANALISIS

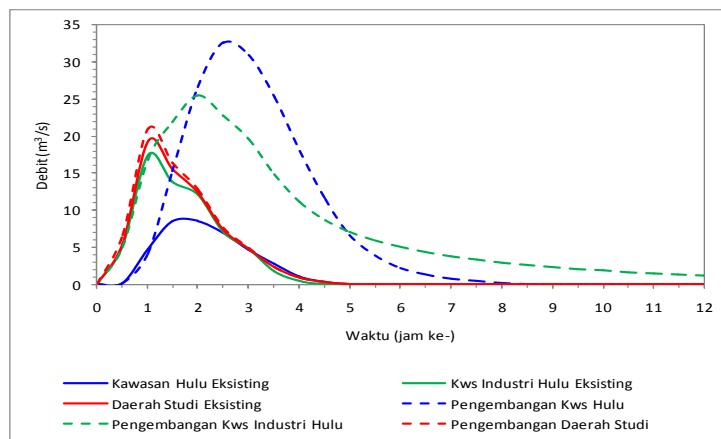
Kondisi Eksisting

Informasi tata guna lahan memperlihatkan bahwa saat ini terdapat 805 ha lahan yang telah dikembangkan menjadi kawasan industri. Sementara itu di bagian hulu dari kawasan industri masih berupa lahan sawah (44,95%), kawasan permukiman (42,62%) dan sisanya berupa lahan terbuka ataupun hutan kecil. Kondisi tata guna lahan ini akan menyebabkan debit limpasan yang masuk ke kawasan ini dari DAS hulu sebesar $8,57 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kawasan industri hulu sebesar $25,7 \text{ m}^3/\text{s}$ atau total sebesar $34,27 \text{ m}^3/\text{s}$ di hulu kolam retensi eksisting. Pemanfaatan kolam retensi mampu mereduksi nilai debit menjadi $12,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Sementara itu nilai puncak debit di lokasi 3 tercatat sebesar $19,3 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan hanya 60,1 ha berupa lahan terbangun dan 123,15 ha masih berupa lahan sawah dan pemukiman.

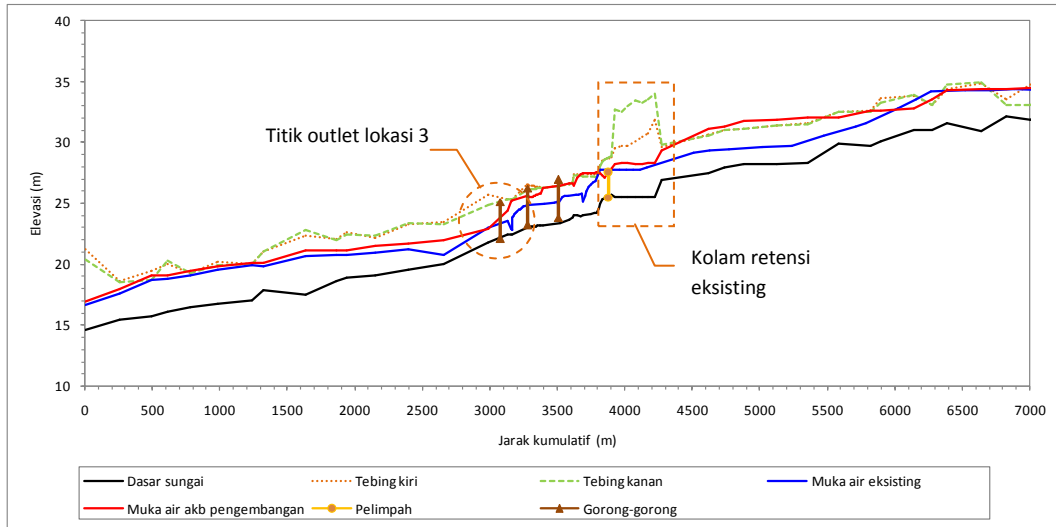
Kondisi Pengembangan yang Akan Datang

Perubahan areal sawah, pemukiman, lahan terbuka dan hutan yang awalnya mendominasi bagian hulu DAS Cikedokan menjadi kawasan industri mengakibatkan peningkatan nilai debit yang masuk ke kawasan industri. Nilai puncak debit dari DAS hulu meningkat menjadi $32,6 \text{ m}^3/\text{s}$ dan dari kawasan industri di hulu daerah studi meningkat menjadi $58 \text{ m}^3/\text{s}$ atau total debit yang masuk ke kolam retensi eksisting sebesar $90,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Sementara itu perubahan 123,15 ha lahan yang awalnya berupa lahan terbuka menjadi kawasan industri pada daerah studi, mengakibatkan peningkatan nilai debit puncak banjir menjadi $20,98 \text{ m}^3/\text{s}$ di titik outler lokasi 3. Perubahan nilai debit yang terjadi pada kawasan ini dapat dilihat pada 0.

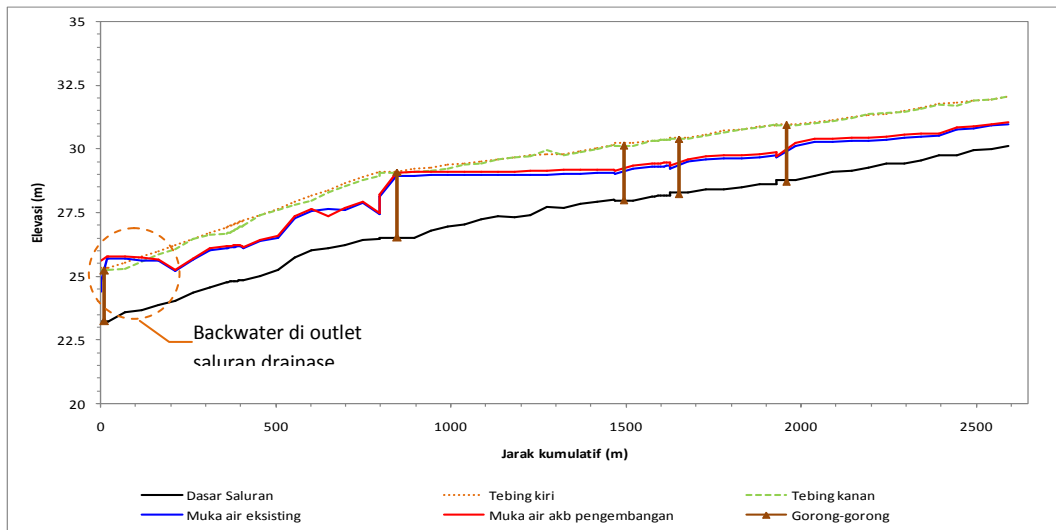
Peningkatan debit aliran ini juga mengakibatkan peningkatan muka air di Sungai Cikedokan sebagaimana tergambar pada 0. Sementara itu pada 0 dapat dilihat bahwa terjadi aliran-balik (*backwater*) di hilir saluran drainase akibat tidak dapat mengalirnya air ke sungai.



Perubahan nilai debit banjir pada daerah studi



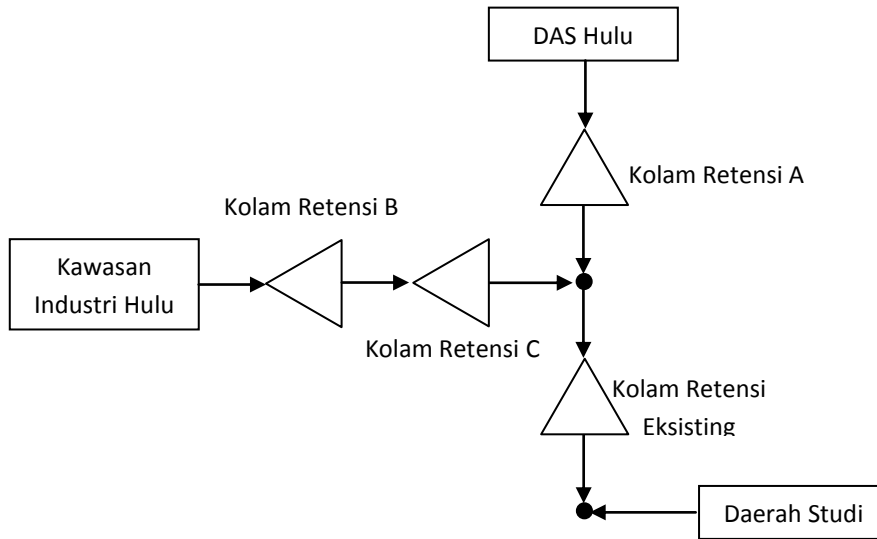
Perubahan profil muka air Sungai Cikedokan akibat pengembangan wilayah



Perubahan profil muka air di saluran drainase akibat pengembangan wilayah

Alternatif Solusi Pengendalian Banjir

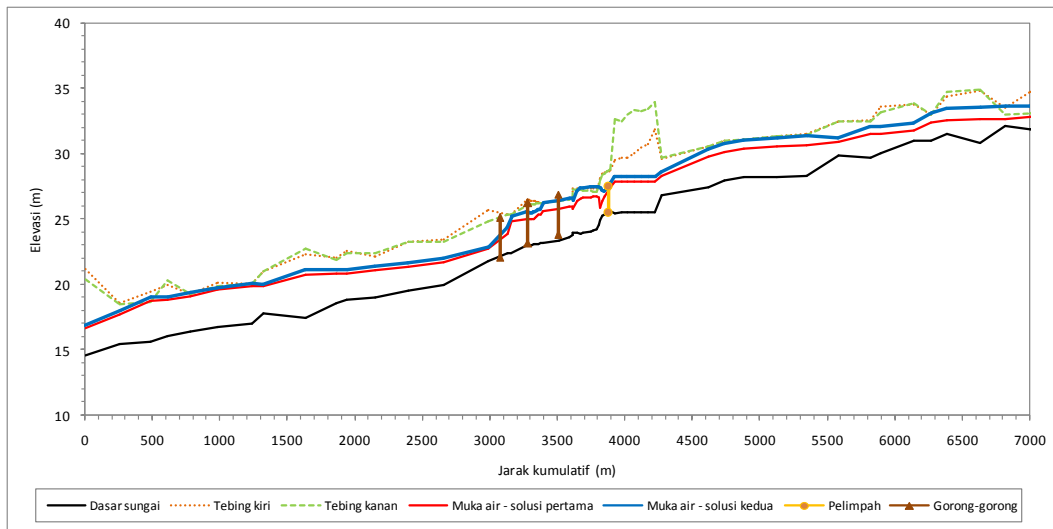
Untuk mengendalikan peningkatan debit banjir tersebut diupayakan beberapa alternatif solusi, antara lain dengan menggunakan tiga kolam retensi yang ditempatkan di hulu. Satu kolam akan digunakan untuk mengurangi nilai puncak debit dari DAS Hulu (Kolam A) dan dua kolam digunakan untuk mengurangi nilai puncak dari kawasan industri hulu (Kolam B dan C). Dalam studi ini terdapat dua kondisi yang disimulasikan dalam studi ini, yaitu kondisi pertama dengan menggunakan kondisi ideal dimana luasan kolam yang digunakan semaksimal mungkin untuk mengurangi debit limpasan sehingga tidak membebani kawasan. Sementara kondisi kedua luasan kolam terbatas sesuai dengan luasan lahan yang tersedia untuk dijadikan sebagai kolam retensi. Secara skematis, alternatif solusi ini dapat digambarkan seperti pada 0.



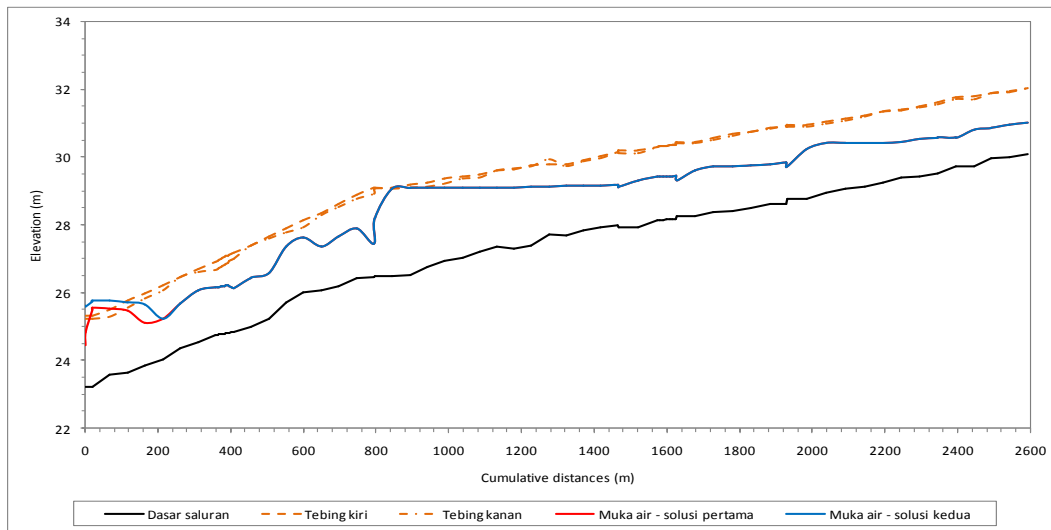
Skema hidrologi alternatif solusi

Pada kondisi ideal, nilai puncak debit banjir dari DAS Hulu dapat direduksi menjadi $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ dan dari kawasan industri hulu menjadi $41 \text{ m}^3/\text{s}$ atau total debit yang masuk ke kolam retensi eksisting menjadi $42,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Sementara itu pada kondisi kedua, nilai puncak debit dari kawasan industri hulu hanya mampu direduksi menjadi $48,9 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga debit masuk ke kolam retensi eksisting sebesar $50,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Profil aliran di Sungai Cikedokan dan saluran drainase pada penerapan kedua solusi ini dapat dilihat pada 0 dan 0.



Profil muka air Sungai Cikedokan pada kedua alternatif solusi



Profil muka air saluran drainase pada kedua alternatif solusi

PEMBAHASAN

Perubahan tata guna lahan pada suatu dari lahan terbuka menjadi kawasan industri akan menyebabkan perubahan nilai koefisien limpasan di wilayah tersebut dimana dalam hal ini dinyatakan dalam perubahan nilai CN. Menurut tabel nilai CN dalam Chow (1998) nilai CN pada wilayah ini saat kondisi eksisting sebesar 56. Sementara itu ketika sudah berubah menjadi kawasan industri, nilai CN berubah menjadi 83. Bertambah besarnya nilai CN ini menunjukkan bahwa daerah kedap air di wilayah ini semakin luas sehingga hampir seluruh hujan yang jatuh ke wilayah ini akan berubah menjadi limpasan dan menaikkan nilai puncak debit banjir wilayah tersebut sebagaimana tergambar pada 0.

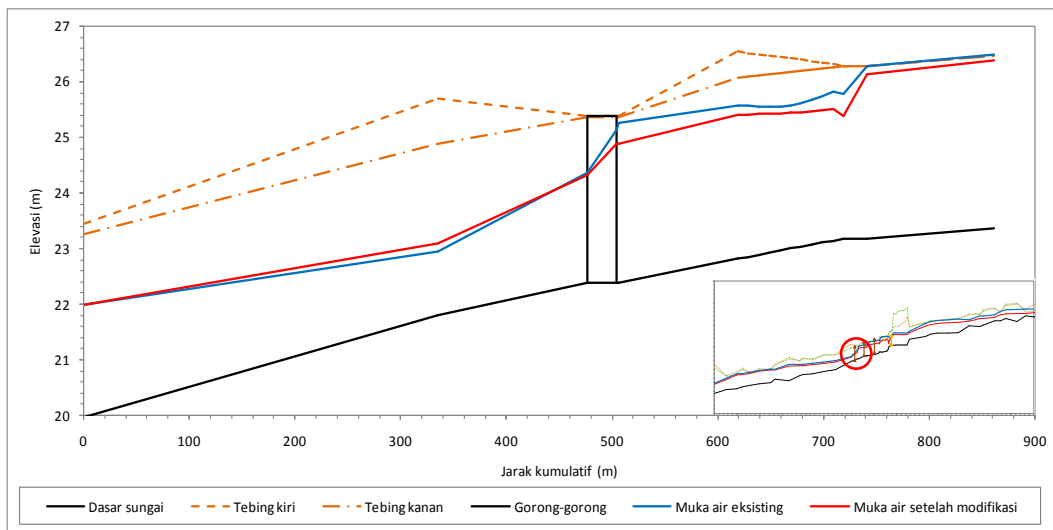
Peningkatan nilai puncak debit banjir mengakibatkan terjadinya kenaikan muka air di sepanjang Sungai Cikedokan seperti tergambar pada 0 yang menyebabkan terjadinya genangan di beberapa lokasi sepanjang aliran Sungai Cikedokan. Selain itu, sebagaimana tergambar pada 0, kenaikan muka air di Sungai Cikedokan dan elevasi dasar saluran drainase yang rendah mengakibatkan terjadinya efek aliran-balik (*backwater*) di bagian hilir saluran yang menyebabkan terjadinya genangan di hilir saluran drainase. Permasalahan ini semakin diperparah dengan dimensi dari gorong-gorong yang lebih kecil sehingga menyebabkan terjadinya efek sumbatan (*bottle-neck*) pada aliran Sungai Cikedokan.

Melihat kondisi ini maka diperlukan suatu solusi yang dapat mengurangi atau mengendalikan nilai puncak debit banjir dari daerah hulu. Salah satu metode yang dapat mengurangi nilai puncak debit banjir adalah dengan memanfaatkan kolam retensi. Menurut hasil analisis, secara ideal kolam retensi A seharusnya memiliki luasan 35 ha, kolam B dengan luas 6 ha dan kolam C memiliki luas 1,51 ha. Dengan menggunakan solusi ini, dapat mengurangi nilai puncak debit banjir dari DAS Hulu menjadi 1,4 m³/s dan nilai debit dari kawasan industri hulu dapat dikurangi menjadi 41 m³/s. Dengan adanya pengurangan debit dari daerah hulu, debit outflow dari kolam retensi eksisting dapat berkurang menjadi 26,2 m³/s.

Sementara itu, pengaplikasian dari alternatif solusi kedua memberikan dampak yang pengurangan yang lebih kecil dibandingkan dengan solusi pertama. Pada solusi kedua, luasan kolam A dan C sama dengan solusi pertama. Namun karena keterbatasan lahan yang tersedia, maka luasan kolam B hanya sebesar 2,88 ha. Pada kondisi ini, maka nilai puncak debit dari DAS Hulu tetap mampu tereduksi menjadi $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ namun puncak debit dari kawasan industri hulu hanya mampu direduksi menjadi $48,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Dengan demikian, nilai debit outflow dari kolam retensi eksisting masih cukup besar yaitu sebesar $37,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Melihat hasil kedua alternatif solusi ini, pemanfaatan kolam retensi di daerah hulu mampu mengurangi debit inflow ke kolam retensi eksisting dan akibatnya juga mengurangi outflow dari kolam retensi eksisting tersebut. Akibatnya adalah tinggi muka air di Sungai Cikedokan mengalami penurunan sehingga air dari saluran drainase dapat mengalir ke sungai sebagaimana ditunjukkan pada 0 dan 0. Namun pada kedua gambar tersebut masih terlihat adanya genangan di sisi hilir dari saluran drainase. Untuk mengantisipasi hal ini maka diperlukan solusi lain yaitu peninggian elevasi muka jalan yang bervariasi dari 20 hingga 50 cm sepanjang 175 m. Peninggian muka jalan ini merupakan solusi praktis yang dapat dilakukan untuk mengatasi genangan di jalan yang berada di sisi saluran drainase.

Selain itu, untuk memperlancar aliran air dan menghindarkan efek sumbatan yang terjadi maka dapat dilakukan peninggian gorong-gorong yang terdapat di alur sungai setinggi 50 cm. Secara hidraulik peninggian gorong-gorong ini mampu mengurangi ketinggian muka air di sungai seperti pada 0. Namun perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait kekuatan struktural dan proses pekerjaan mengingat lokasi gorong-gorong berada di bawah jalan yang dilewati kendaraan dengan beban berat.



Profil muka air setelah modifikasi gorong-gorong

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengamatan lapangan diketahui bahwa penyebab utama terjadinya genangan di lokasi studi adalah adanya efek aliran-balik di saluran drainase akibat tidak mampunya air dari saluran drainase masuk ke badan sungai. Hal ini

disebabkan elevasi dari hilir dasar saluran drainase yang relatif rendah. Selain itu, perubahan tata guna lahan di daerah hulu mengakibatkan terjadinya peningkatan debit yang signifikan, yang berdampak pada naiknya muka air di sepanjang aliran sungai dan diperparah dengan adanya efek sumbatan di pertemuan saluran drainase dan sungai ini.

Solusi yang dianggap sesuai adalah dengan menggunakan tiga buah kolam retensi dimana satu kolam retensi akan menampung debit dari DAS Hulu dan dua buah kolam retensi menampung air dari kawasan industri di sisi hulu daerah studi. Berdasarkan kondisi ideal maka diperlukan kolam dengan luas 35, 6 dan 1,5 ha namun karena keterbatasan lahan yang tersedia maka hanya dapat dibuat kolam retensi dengan luas 35, 2,88 dan 1,5 ha. Pemanfaatan tiga kolam ini mampu mereduksi nilai puncak debit banjir sebesar 46%, dari semula 90 m³/s menjadi 48,9 m³/s.

Pemanfaatan kolam retensi ternyata masih belum mampu mengurangi genangan hingga 100%, karenanya diperlukan solusi praktis lainnya yaitu berupa peninggian elevasi muka jalan setinggi 20–50 cm sepanjang 175 m di jalan yang berada di sisi saluran drainase. Selain itu, peninggian elevasi puncak gorong-gorong sebesar 50 cm juga mampu memperlancar aliran di Sungai Cikedokan dan mengurangi ketinggian muka air di sebelah hulu gorong-gorong.

DAFTAR PUSTAKA

- Yudianto, Doddi, Bambang A.R., Albert W., Gneis S.G. (2011), *Final Report: Flood Control and New Retention Ponds of MM2100 Industrial Development*. Bandung: BITA.
- Chow, Ven Te (1959), *Open-Channel Hydraulics*, Tokyo: McGraw-Hill.
- Ponce, Victor Miguel (1989), *Engineering Hydrology – Principles and Practices*, New Jersey: Prentice Hall.
- Mays, Larry.W., Ven Te Chow and David R. Maidment (1998), *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Brunner, Gary W. (2010), *HEC-RAS: Hydraulic Reference Manual*. California: US Army Corps of Engineers.