

Optimasi Sistem Drainasi Dalam Rangka Penanganan Banjir Polder Kemayoran

Haryo Istianto^{1,a)}, Fajar Baskoro Wicaksono²⁾ & Rahmat Suria Lubis³⁾

¹⁾*Balai Teknik Irigasi, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*

²⁾*BWS Sulawesi IV Kendari, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*

³⁾*Subdit Perencanaan IRWA, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*

Koresponden : ^{a)}haryoIstianto@gmail.com

ABSTRAK

Jakarta sebagai ibukota negara memiliki 43 sistem polder untuk mengatasi masalah banjir, salah satunya adalah Polder Kemayoran. Polder tersebut mengalami banjir pada tahun 2020 yang mengakibatkan jalan Benyamin Suieb kebanjiran dan underpass kemayoran timur tenggelam. Kinerja polder tergantung pada kondisi infrastrukturnya seperti tanggul, saluran drainasi, kolam retensi, pompa yang sangat menentukan dalam mengontrol muka air di dalam sistem. Secara umum, banjir yang terjadi disebabkan oleh tanggul yang jebol, saluran yang memerlukan normalisasi, dan peningkatan kapasitas pompa dan kolam retensi. Untuk itu, perlu dilakukan identifikasi awal terhadap permasalahan yang terjadi di Polder Kemayoran. Studi ini bertujuan untuk mengoptimasi sistem drainasi yang ada dalam rangka menangani banjir di Polder Kemayoran. Metode yang digunakan untuk optimasi sistem drainasi di Polder Kemayoran dalam studi ini menggunakan perhitungan analisa hidraulik *saint venant equation* dengan memanfaatkan *software numeric* DUFLOW. Tiga skenario seperti kondisi eksisting, normalisasi saluran dan pemanfaatan waduk golf akan digunakan untuk mencari skenario yang optimal. Hasil studi menunjukkan kondisi eksisiting tidak dapat mengatasi banjir, baik sebelum atau sesudah dilakukan normalisasi. Optimasi pompa dan pemanfaatan waduk golf sebagai kolam retensi dapat mengatasi banjir berdasarkan hasil simulasi. Kapasitas pompa eksisting sebesar 4 m³/s sudah cukup jika kolam golf seluas 13.6 Ha ini digunakan sebagai tumpungan sementara

Kata Kunci : Polder, Kolam Retensi, Pompa, Muka air

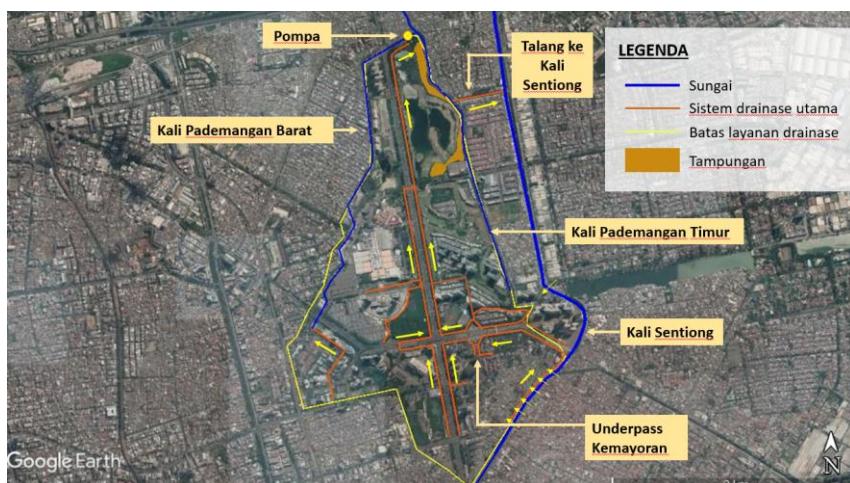
PENDAHULUAN

Jakarta merupakan kota metropolitan dengan luas 652 km² sebagai pusat ekonomi dan pemerintahan dengan total populasi penduduk sebesar 11 juta (BPS Jakarta, 2019). Jakarta sebagai ibukota negara harus aman dari banjir, dimana lokasinya merupakan daerah pesisir yang memiliki topografi datar yang terpengaruh pasang surut dan kemampuan drainasi secara gravitasi rendah. Hal ini diperparah oleh penurunan tanah akibat ekstraksi air tanah yang berlebihan, yaitu sekitar 8.5 mm/tahun (Rochman Djaja et al, 2004). Oleh karena itu, Kota Jakarta telah mengembangkan sistem polder untuk mengatasi banjir khususnya di utara Jakarta. Perkembangan sistem drainasi polder yang di adopsi dari negara Belanda di Jakarta di mulai sejak tahun 2000 (*Joint Working Group*, 2009).

Permasalahan drainasi di kota pesisir umumnya lebih kompleks dibandingkan dengan kota pada umumnya. Banyak faktor yang mempengaruhi dan harus di pertimbangkan dalam perencanaan seperti kapasitas debit, dimensi saluran, penurunan tanah, masalah sampah dan

fluktuasi pasang surut (Adi & Wahyudi, 2015). Hingga saat ini, polder di Jakarta yang sudah dibangun masih mengalami kendala akibat tidak sesuainya komponen polder, seperti rendahnya tanggul, kapasitas pompa dan tampungan sementara yang tidak mencukupi. Hal ini diperparah dengan operasi dan pemeliharaan yang kurang baik (Haryo, 2017). Pengelolaan seperti operasi dan pemeliharaan sistem polder sebaiknya mempertimbangkan aspek manajemen seperti institusi pengelola, hukum, keuangan, partisipasi masyarakat dan teknis (Wicaksono, 2016).

Sistem polder merupakan sistem drainase perkotaan dengan cara memisahkan daerah layanan dari pengaruh luar seperti limpasan air hujan atau air laut serta limpasan dari prasarana lain, infrastrukturnya terdiri dari kolam penampung, sistem drainase dan pompa (Dirjen Cipta Karya, 2012). Polder Kemayoran merupakan polder di Jakarta pusat dengan luas areal sebesar 454 Ha, dilengkapi dengan pompa drain dengan kapasitas $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Polder Kemayoran mengalami permasalahan banjir, sehingga akses jalan menjadi terhambat khususnya di lokasi *underpass*. *Outlet* dari Polder Kemayoran mengalir melalui talang menuju Kali Sentiong. Tanggul banjir telah berupa *sheet pile* dan tanggul tanah mengelilingi sistem Polder Kemayoran menjadi andalan utama dalam menjaga agar tidak ada aliran masuk ke dalam sistem polder ini. Sistem drainasi Polder Kemayoran dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Drainasi Polder Kemayoran

Kondisi tanggul banjir di Polder Kemayoran pada saat kejadian banjir mengalami kerusakan. Hal ini menyebabkan sistem polder tidak dapat bekerja dengan baik karena ada aliran air dari luar ke dalam Polder Kemayoran (lihat Gambar 2). Selain itu, sedimentasi di saluran juga terjadi, sehingga menganggu aliran yang akan di pompa keluar menuju Kali Sentiong.



Gambar 2. Sedimentasi dan tanggul jebol

STUDI PUSTAKA

DUFLOW merupakan model matematik yang memiliki kemampuan dalam mensimulasikan kondisi hidraulik menggunakan bangunan-bangunan air yang tersedia dalam input *software* berupa pompa, bendung, siphon, pintu sorong, dan gorong-gorong. Selain itu, kemudahan pengguna dalam menyusun jaringan drainasi dengan menggunakan menu *Networks Editor* (STOWA, 2005). DUFLOW merupakan model hidraulik satu dimensi yang memiliki kemampuan untuk mensimulasikan aliran *steady* dan *unsteady flow* pada saluran terbuka. Dengan menggunakan model ini, saluran drainasi dan bangunan pengaturnya dapat langsung dimodelkan, dianalisa dan dievaluasi. Perhitungan matematik dalam model ini menggunakan rumus St. Venant, yaitu kontinuitas dan momentum (Clemmens, 1993)

Rumus Kontinuitas;

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots(1)$$

dan Rumus Momentum;

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial(\alpha Qv)}{\partial x} + \frac{g|Q|Q}{C^2 AR} = \alpha\gamma w^2 \cos(\phi - \Phi) \quad \dots(2)$$

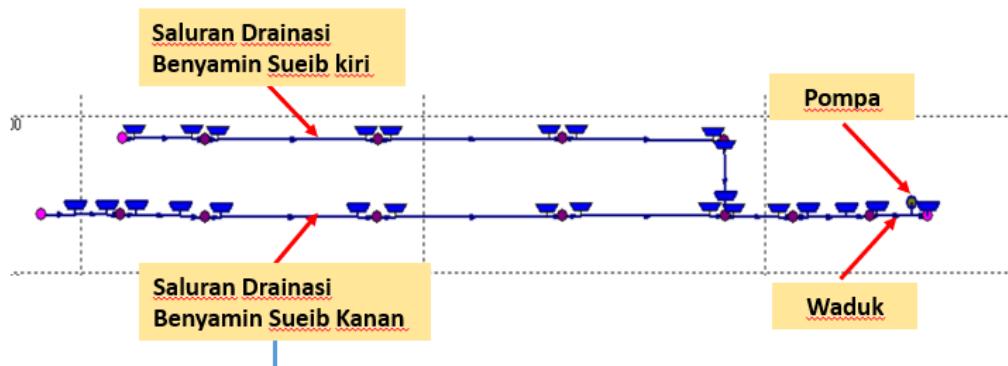
dimana:

- | | |
|--------------|--|
| t | : Waktu (s) |
| x | : Jarak yang diukur sepanjang sumbu saluran (m) |
| $H(x, t)$ | : Ketinggian air sehubungan dengan tingkat acuan (m) |
| $v(x, t)$ | : Kecepatan rata-rata (rata-rata di atas luas penampang) (m/s) |
| $Q(x, t)$ | : Debit di lokasi x dan pada waktu t (m^3/s) |
| $R(x, H)$ | : Radius hidraulik penampang (m) |
| $a(x, H)$ | : Penampang lebar aliran (m) |
| $A(x, H)$ | : Area aliran penampang (m^2) |
| $b(x, H)$ | : Lebar penyimpanan penampang (m) |
| (X, H) | : Area penyimpanan penampang B (m^2) |
| g | : Percepatan gravitasi (m/s^2) |
| $C(x, H)$ | : Koefisien De Chezy ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$) |
| $w(t)$ | : Kecepatan angin (m / s) |
| $\Phi(t)$ | : Arah angin dalam derajat (derajat) |
| $\square(x)$ | : Arah sumbu saluran dalam derajat, diukur searah jarum jam dari utara |
| $\gamma(x)$ | : koefisien konversi angin (-) |

METODA

Pada model DUFLOW, skema sistem drainasi Polder Kemayoran dimodelkan sebagai garis dan titik tinjau yang berasal dari data seperti geometri saluran, kapasitas pompa, dan luas waduk. Peraturan Menteri PU nomor 12/PRT/M/2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan menjelaskan bahwa penentuan kala ulang hujan pada desain drainasi

tergantung luas derah tangkapan dan tipologi kota. Polder kemayoran tergolong kota metropolitan dengan luas polder antara 101 -500 ha sehingga kala ulang yg di gunakan adalah 5 thn. Selain itu, hujan kala ulang 10 tahunan sebesar 208 mm/hari digunakan sebagai input tambahan di dalam model. Skematisasi sistem drainasi Polder Kemayoran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematisasi skema sistem drainasi Polder Kemayoran

Pada permodelan sistem drainasi Polder Kemayoran, kondisi batas di hulu saluran drainasi yang digunakan adalah debit buangan harian dari wilayah permukiman dan perkantoran sebesar $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk kondisi dengan luas layanan $\pm 454 \text{ ha}$. Sedangkan kondisi batas di hilir adalah operasi pompa dengan kapasitas eksisiting $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Kekasaran saluran menggunakan koefisien Chezy sebesar 30 dengan mempertimbangkan kondisi saluran yang terbuat dari beton yang mulai rusak dan terdapat sampah yang menganggu aliran.

Permodelan hidraulik dengan menggunakan *software* DUFLOW bertujuan untuk mendapatkan karakteristik hidraulik di saluran drainasi Polder Kemayoran. Oleh karena itu empat skenario akan disimulasikan yaitu kondisi kondisi eksisting pada saat banjir terjadi di bulan Februari 2020, kondisi jika terjadi hujan 10 tahunan, kondisi jika telah dilakukan normalisasi saluran dan yang terakhir adalah kondisi jika waduk golf dimanfaatkan untuk tampungan sementara. Berikut adalah ke empat skenario tersebut :

1. Skenario 1; terjadi sedimentasi di saluran, waduk golf tidak dimanfaatkan (hujan tanggal 2: 125 mm/hari).

2. Skenario 2; terjadi sedimentasi di saluran, waduk golf tidak dimanfaatkan, periode ulang 10 tahun : 208 mm/hari.

3. Skenario 3; normalisasi saluran, waduk golf tidak dimanfaatkan, periode ulang 10 tahun : 208 mm/hari.

4. Skenario 4; normalisasi saluran, waduk golf dimanfaatkan, periode ulang 10 tahun : 208 mm/hari.

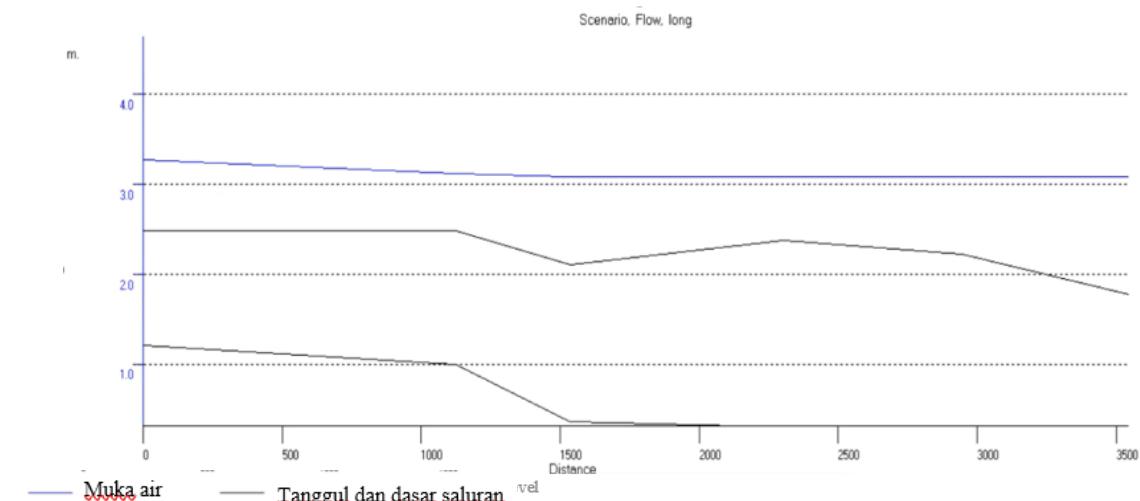
Untuk mempermudah dalam menentukan kombinasi kapasitas pompa dan luas tampungan sementara yang efisien, akan dibuat grafik hubungan antara kapasitas pompa dan luas tampungan sementara. Hal ini disebabkan penggunaan waduk golf yang merupakan sarana olahraga sebagai tampungan sementara di dalam model mudah dilakukan, namun implementasinya harus mempertimbangkan faktor ekonomisnya. Grafik hubungan antara kapasitas pompa dan luas tampungan sementara ini dapat digunakan sebagai dasar pemilihan solusi.

ANALISIS PENELITIAN

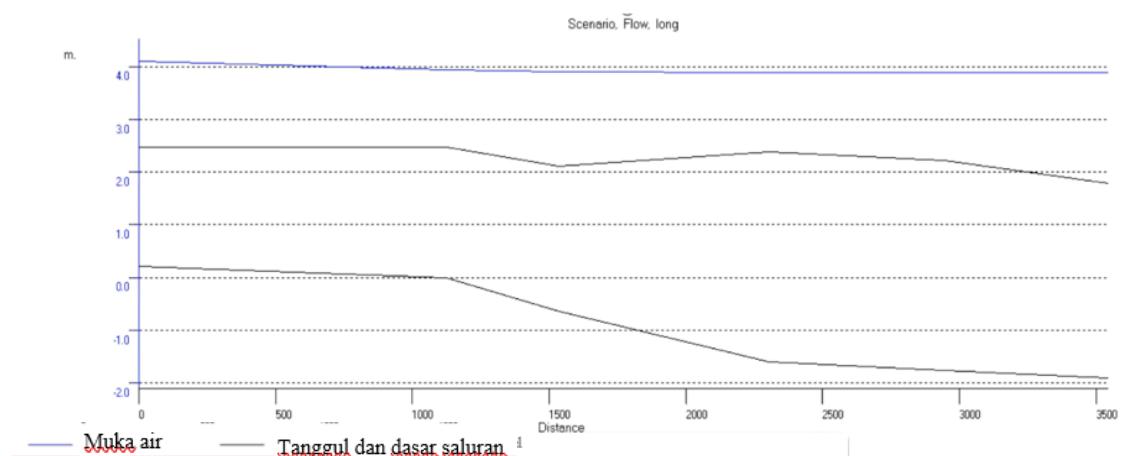
Untuk mendapatkan alternatif solusi untuk menangani banjir di Polder Kemayoran perlu dilakukan analisa dengan menggunakan 4 buah scenario, berikut adalah hasil permodelan di ke empat skenario tersebut.

Pada skenario ke 1, atau kondisi eksisting dengan memperhitungkan pencatatan curah hujan pada waktu kejadian sebesar 125 mm/hari, dapat di lihat sistem drainasi Polder Kemayoran tidak mampu mengatasi banjir. Muka air banjir berada di elevasi ± 3.2 MSL, sedangkan tanggul terendah berada di elevasi 1.9 MSL. Dalam skenario permodelan banjir terjadi pada jam ke 5 dari awal terjadinya hujan. Tanpa adanya perbaikan kinerja sistem drainasi eksisting terbukti tidak mampu mengatasi banjir. Hasil permodelan pada skenario 1 dapat di lihat pada Gambar 4.

Pada Skenario ke 2, dengan menggunakan hujan kala ulang 10 thn sebesar 208 mm/hari, terlihat banjir terjadi lebih barah di bandingkan dengan skenario sebelumnya. Hal ini terjadi karena volume air hujan yang lebih besar masuk ke dalam sistem Polder Kemayoran. Muka air banjir berada di elevasi ± 4 MSL, sedangkan tanggul terendah berada di elevasi 1.9 MSL. Hasil permodelan pada skenario 2 dapat di lihat pada Gambar 5.



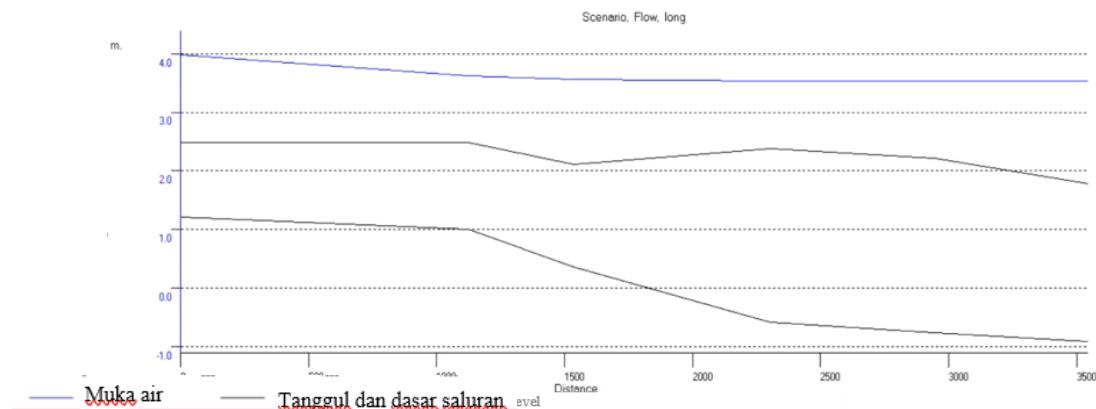
Gambar 4. Muka Air tertinggi pada skenario 1



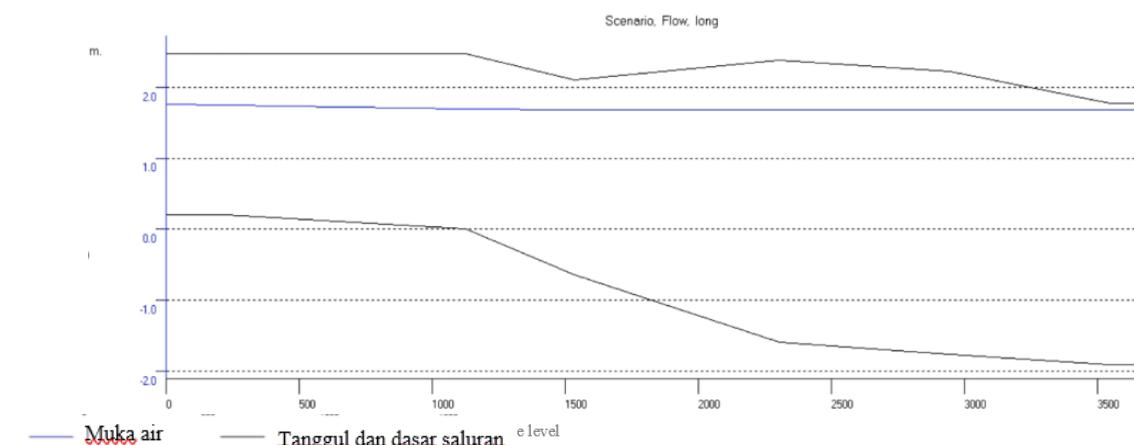
Gambar 5. Muka Air tertinggi pada skenario 2

Pada skenario ke 3, dengan melakukan normalisasi di saluran saja tidak cukup untuk mengatasi banjir. Pada sistem polder, kecepatan aliran tidak tergantung hanya oleh kekasaran saluran maupun kemiringan, namun kecepatan tergantung oleh besarnya kapasitas pemompaan yang terjadi. Muka air tertinggi berada pada elevasi ± 3.5 MSL, sedangkan tanggul terendah berada di elevasi 1.9 MSL. Diperlukan tambahan kapasitas pompa untuk mengatasi banjir dengan skenario ini. Hasil permodelan pada skenario 3 dapat di lihat pada Gambar 6.

Pada Skenario ke 4, dengan memanfaatkan waduk golf sebagai tampungan sementara, memberikan hasil yang lebih baik dari semua skenario diatas. Banjir tidak terjadi di Polder Kemayoran. Muka air tertinggi berada di elevasi ± 1.8 MSL, sedangkan elevasi tanggul saluran terendah adalah 1.9 MSL. Dari ke empat skenario dapat disimpulkan bahwa efektivitas kapasitas pompa pada sistem drainasi polder tergantung kepada luasan tampungan sementara. Normalisasi juga memberikan kontribusi yang baik dalam pengaliran air. Skenario 4 dipilih sebagai skenario terbaik untuk mengatasi banjir di Polder Kemayoran. Hasil permodelan pada skenario 4 dapat di lihat pada Gambar 7



Gambar 6. Muka Air tertinggi pada skenario 3



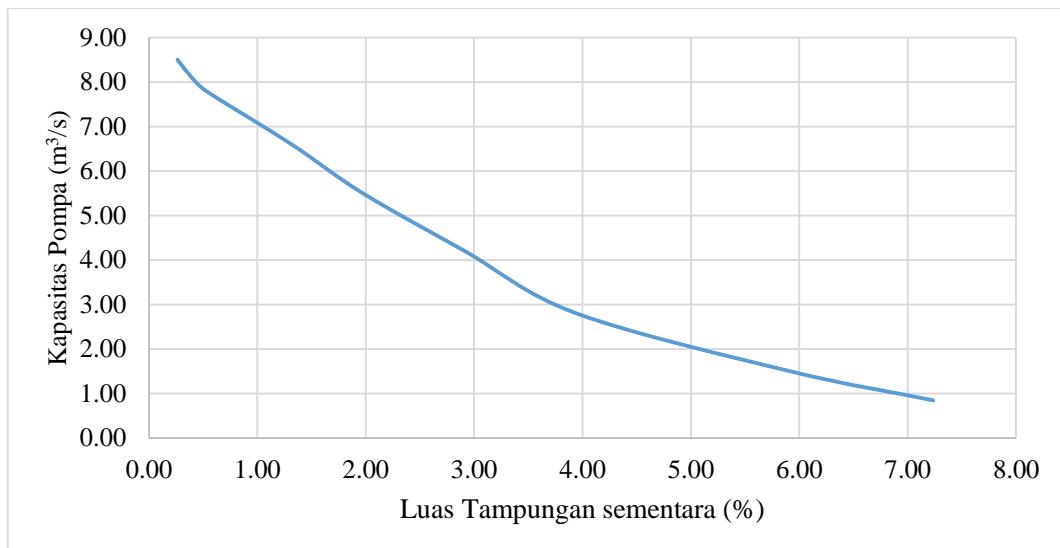
Gambar 7. Muka Air tertinggi pada skenario 4

Dari ke empat skenario di atas, dapat di buat resume untuk memperjelas hasil permodelan. Terlihat skenario 4 merupakan skenario yang paling baik untuk mengatasi banjir. Resume dari hasil permodelan dapat di lihat pada Tabel 1

Tabel 1. ResUME Hasil Permodelan

Skenario Permodelan	Kapasitas Pompa	Banjir terjadi pada Jam ke
Skenario 1	2 m ³ /s	5 Jam
Skenario 2	4 m ³ /s	3 Jam
Skenario 3	4 m ³ /s	5 Jam
Skenario 4	4 m ³ /s	-

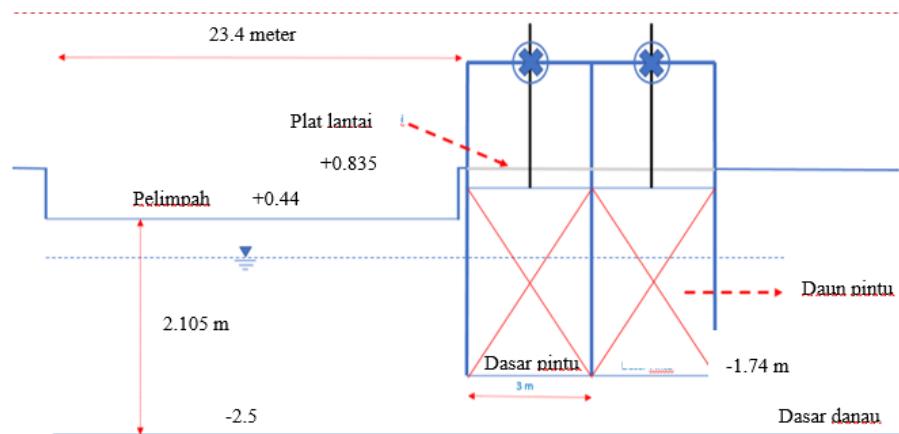
Untuk mempermudah pemilihan kapasitas pompa dan luas tampungan yang akan di terapkan untuk mengatasi banjir di Polder Kemayoran, di buat grafik hubungan kapasitas pompa dan luas tampungan sementara. Grafik ini merupakan grafik untuk polder dengan luas 454 ha dan memiliki periode ulang hujan 10 tahun sebesar 208 mm/hari. Dari grafik tersebut dapat di lihat bahwa semakin besar kapasitas pompa, maka kebutuhan luas tampungan dapat berkurang. Begitu pula sebaliknya, kapasitas pompa pada polder kecil maka kapasitas tampungannya menjadi besar. Grafik hubungan kapasitas pompa dan luas tampungan sementara dapat di lihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan pompa dan luas tampungan sementara

Pola operasi pintu di waduk golf di musim hujan adalah dengan membuka penuh ke dua buah pintu air dan menjaga muka air di waduk di elevasi -1.745MSL dengan melakukan pemompaan. Elevasi tersebut adalah elevasi maksimal sebelum terjadinya hujan, sehingga tampungan efektifnya menjadi besar. Sebaliknya, di musim kemarau kedua pintu air tersebut di tutup karena volume saluran drainasi cukup untuk mengalirkan debit buangan perumahan dan perkantoran Selain itu, kualitas air di musim kemarau lebih rendah dibanding musim penghujan, sehingga dikhawatirkan akan menimbulkan bau di lokasi waduk golf tersebut. Ilustrasi Penerapan Skenario 4 dapat dilihat pada Gambar 9.

Selain itu, tampungan efektif dari waduk harus dievaluasi dengan melakukan pengukuran bathimetri. Volume tampungan selain tergantung oleh luas tampungan, juga tergantung pada kedalaman. Sedimentasi sering terjadi di lokasi tampungan sementara tersebut. Di sisi lain, polder adalah sistem drainasi tertutup, pengaruh aliran air dari luar polder tidak boleh mempengaruhi sistem di dalam polder. Oleh karena itu, penutupan tanggul yang jebol merupakan hal yang wajib dilakukan karena sistem polder harus tertutup dari pengaruh aliran air di luar polder.



Gambar 9. Ilustrasi Penerapan Skenario 4

KESIMPULAN

1. Banjir terjadi di Polder Kemayoran diakibatkan oleh beberapa faktor, antara lain tanggul Jebol, kapasitas pompa eksisiting yang tidak mencukupi akibat tidak adanya tampungan sementara, sedimentasi dan naiknya pasang air laut.
2. Kinerja sistem drainasi polder tergantung kepada pompa dan waduk sebagai tampungan sementara. Kapasitas pompa pada polder akan semakin besar jika kapasitas tampungannya semakin kecil. Sebaliknya jika kapasitas tampungan sementaranya besar maka kapasitas pompa yang dibutuhkan akan kecil.
3. Kapasitas pompa eksisiting di Polder Kemayoran sebesar $4 \text{ m}^3/\text{s}$, cukup untuk mengatasi banjir jika waduk golf seluas 13.6 ha dimanfaatkan untuk tampungan sementara. Pintu air pada waduk yang terkoneksi dengan saluran drainasi dapat dibuka agar banjir di saluran pada saat hujan dapat redam oleh waduk.
4. Muka air di waduk dan saluran drainasi dijaga pada elevasi -1.745 MSL. Hal ini berkaitan dengan kapasitas tampung dari waduk dan saluran sebelum terjadinya hujan. Jika waduk dan saluran drainasi penuh sebelum terjadi hujan, maka tampungan sementara tidak dapat diperhitungkan. Dengan demikian, pompa tidak akan mampu mengatasi banjir.
5. Normalisasi saluran drainasi di Polder Kemayoran perlu dilakukan agar tidak menghambat aliran dan meningkatkan kapasitas tampung dari saluran.
6. Tanggul yang Jebol harus ditutup kembali agar air pasang dari laut tidak masuk ke dalam sistem Polder Kemayoran, sehingga mempengaruhi ketinggian air di dalam saluran,

CATATAN. Ucapan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena kasih sayangnya studi ini dapat terselesaikan. Selain itu, terimakasih kepada tim Balai Teknik Irigasi, BBWS Ciliwung Cisadane, Direktorat Sungai dan pantai, dan PPPK pengelola Polder Kemayoran yang telah berkoordinasi dan memberikan bantuan dalam penyelesaian studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Jakarta. (2007). *Jakarta Dalam Angka 2007, Katalog BPS: 1403.31*, Badan Pusat Statistik Propinsi DKI Jakarta, 520 pp.
- [2] Clemmens, A. J., Holly Jr, F. M., & Schuurmans, W. (1993). "Description and evaluation of program : DUFLOW". *Journal of irrigation and drainage engineering*, 724.
- [3] Dirjen Cipta Karya. (2012) *Buku Jilid 1D Tata Cara Perencanaan Kolam Detensi, Kolam Retensi & Sistem Polder*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

- [4] Fajar B. Wicaksono. (2016). *Urban Drainage and Options of Urban Polder Development for UNESCO Heritage Kota Lama, Semarang, Central java, Indonesia*. UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- [5] Istianto, H., Suryadi, FX., Hamim , S.A. (2017). Potentials And Constraints Of Urban Polder Development In Jakarta, Indonesia. *Proceedings of the 37th IAHR World Congress. Kuala Lumpur, Malaysia*.
- [6] Joint Working Group. (2009). *Urban Polder Guidelines. Volume I: general aspects*. Semarang, Indonesia.
- [7] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. (2014). *Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [8] Rochman, D., Rais, J., Abidin, H.Z. & Wedyanto, K (2004). "Land Subsidence of Jakarta Metropolitan area". *3rd FIG Regional Conference. Jakarta, Indonesia*.
- [9] STOWA. (2005). *Duflow Modeling Studio: User's. Guide Version 3.6*. Delft: The netherlands.
- [10] Wahyudi, S. I., Overgaauw, T., Schipper, B., Persoon, R., & Adi, H. P. (2015). Kriteria Kondisi Darurat Banjir Dalam Sistem Polder: Studi Kasus Banger Polder Area Semarang, *Jurnal RIPTEK*, 9(1), 1–8.

