Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2776-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page: 22054-22063

EVALUASI EFEKTIVITAS DAN ESTIMASI BIAYA SISTEM DEWATERING PADA KONSTRUKSI BASEMENT GEDUNG KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN (KKP)

Suwardi Setiawan, Natsar Desi, Muh. Chaerul
Program Studi Magister Rekayasa Infrastruktur Lingkungan, Universitas Fajar Makassar
Email : suwardisetiawan1@gmail.com, natsardesi@unifa.ac.id

Published: April, 2026

ABSTRAK

Pekerjaan basement pada kawasan perkotaan umumnya menghadapi kendala muka air tanah yang tinggi, sehingga diperlukan sistem dewatering yang mampu menjaga area galian tetap aman dan kering selama konstruksi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas teknis serta estimasi biaya sistem dewatering konvensional pada proyek pembangunan basement Gedung Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) di Jakarta Pusat. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data observasi lapangan, hasil penyelidikan tanah, data Standard Penetration Test (SPT), parameter permeabilitas, serta analisis harga satuan pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lokasi proyek didominasi tanah lunak dengan nilai rata-rata N-SPT 6,11 dan muka air tanah awal berada pada elevasi -4,0 m. Untuk mencapai elevasi target dewatering -10,5 m, diperlukan penurunan muka air tanah sebesar 6,5 m. Analisis teknis menghasilkan radius ekuivalen 23,43 m, radius pengaruh 204,5 m, dan debit rembesan air tanah 173,82 liter/menit. Kebutuhan sistem dewatering dipenuhi oleh 2 unit pompa submersible berkapasitas 200 liter/menit yang dinilai memadai secara teknis. Total estimasi biaya pelaksanaan dewatering dan pekerjaan pendukung basement adalah Rp 4.698.722.192,49. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang direncanakan layak diterapkan secara teknis dan ekonomis.

Kata Kunci: *Dewatering*, Muka Air Tanah, Konstruksi *Basement*, Pompa *Submersible*, Rencana Anggaran Biaya.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Pekerjaan basement pada kawasan perkotaan dengan muka air tanah relatif dangkal selalu menghadapi tantangan teknis yang signifikan, terutama pada tahap galian tanah. Kehadiran air tanah dapat menurunkan kestabilan dasar galian, mengganggu mobilisasi alat, memperlambat durasi konstruksi, serta meningkatkan risiko deformasi tanah di sekitar lokasi proyek. Oleh karena itu, sistem dewatering menjadi komponen penting dalam menjamin bahwa elevasi muka air tanah dapat diturunkan hingga berada di bawah dasar galian secara aman dan terkendali. Literatur menunjukkan bahwa efektivitas dewatering sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrogeologi setempat, khususnya jenis akuifer, kedalaman lapisan jenuh, nilai permeabilitas, dan hubungan aliran antara area galian dan zona di luar pit (Du et al., 2023; Roberts et al., 2023; K. Yang et al., 2022; Zeng et al., 2021). Pada proyek basement Gedung Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), kebutuhan untuk mengendalikan rembesan air tanah menjadi semakin penting karena lokasi proyek berada di Jakarta Pusat, yaitu

kawasan yang padat bangunan dan sensitif terhadap penurunan tanah maupun gangguan terhadap utilitas sekitar.

Sejumlah penelitian mutakhir menegaskan bahwa dewatering dengan pompa submersible masih merupakan metode yang efektif untuk menurunkan muka air tanah di bawah lantai galian, selama perancangannya mempertimbangkan karakteristik akuifer, geometri pit, serta kemungkinan drawdown di luar batas galian (J. Ma et al., 2021; Tan et al., 2023; Zhang et al., 2023). Studi lain menambahkan bahwa integrasi dewatering dengan curtain atau diaphragm wall dapat meningkatkan keandalan sistem, terutama untuk membatasi penurunan muka air tanah di luar pit, mengendalikan subsidence, dan mengurangi risiko uplift dasar galian (Y. M. Cheng et al., 2021; Chu et al., 2024; Laver, 2021; Xu et al., 2023). Dengan demikian, evaluasi dewatering pada proyek basement tidak hanya perlu menilai kemampuan pompa dalam menghasilkan drawdown, tetapi juga perlu menimbang aspek desain, monitoring, dan konsekuensi biaya agar sistem yang dipilih benar-benar rasional dan ekonomis.

Permasalahan utama pada pekerjaan basement Gedung KKP adalah bagaimana memastikan penurunan muka air tanah hingga elevasi rencana galian dapat dicapai secara efektif tanpa menimbulkan pemborosan kapasitas pompa maupun biaya pelaksanaan yang tidak perlu. Dalam praktik konstruksi, desain dewatering yang kurang akurat sering menyebabkan dua kondisi yang sama-sama merugikan: kapasitas sistem yang terlalu kecil sehingga drawdown tidak tercapai, atau kapasitas yang terlalu besar sehingga biaya investasi dan operasional meningkat secara tidak efisien. Di samping itu, perbedaan perilaku akuifer bebas dan akuifer tertekan dapat menghasilkan respons aliran air yang berbeda, sehingga risiko drawdown eksternal, settlement, dan gangguan stabilitas sekitar pit juga menjadi isu yang harus diperhitungkan sejak tahap perencanaan (Du et al., 2023; X. Yang et al., 2025).

Secara umum, solusi terhadap permasalahan tersebut adalah merancang sistem dewatering berbasis data geoteknik dan hidrogeologi yang memadai, meliputi hasil boring, SPT, parameter permeabilitas, radius pengaruh, serta debit rembesan air tanah. Pendekatan ini biasanya dilengkapi dengan estimasi kapasitas pompa, jumlah unit pompa, dan konfigurasi sistem yang sesuai dengan target drawdown di dalam pit sekaligus mempertimbangkan dampaknya terhadap area luar pit. Literatur menyatakan bahwa kombinasi antara analisis teoritis, pumping test, dan validasi numerik memberikan dasar yang lebih andal untuk menentukan kebutuhan sistem dewatering, sehingga keputusan teknis tidak semata-mata berdasarkan asumsi konservatif, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi biaya dan risiko lapangan (Dai et al., 2023; Mohammed & Shiekha, 2021; Zhang et al., 2021).

Dalam literatur, salah satu solusi spesifik yang banyak diterapkan pada pekerjaan galian basement adalah penggunaan pompa submersible yang ditempatkan pada sump atau sumur dewatering untuk mengeluarkan air rembesan secara kontinu. Metode ini dinilai praktis, relatif mudah dioperasikan, dan efektif untuk proyek dengan kebutuhan penurunan muka air tanah yang terukur. Namun, efektivitasnya sangat ditentukan oleh penempatan pompa, kapasitas masing-masing unit, serta keterhubungannya dengan pola aliran air tanah pada area galian. Beberapa studi kasus menunjukkan bahwa sistem pompa yang berdiri sendiri dapat bekerja baik pada kondisi tertentu, tetapi performanya menjadi jauh lebih stabil ketika dipadukan dengan elemen penghalang aliran seperti cut-off wall atau diaphragm wall (Tan et al., 2023; J. Wang, Yang, et al., 2023; X. Wang & Xu, 2021; Zhang et al., 2023).

Solusi spesifik berikutnya adalah penerapan desain wall-well interaction, yaitu pendekatan yang menggabungkan sumur dewatering dengan curtain untuk mengurangi drawdown di luar pit tanpa mengorbankan target penurunan muka air tanah di dalam pit. Pendekatan ini penting terutama pada tanah berbutir halus sampai pasir-kerikil dengan permeabilitas tinggi, karena pada kondisi tersebut aliran lateral dapat memicu settlement di lingkungan sekitar apabila tidak dikendalikan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa kedalaman curtain, posisi terhadap akuifer, serta konfigurasi sumur

berpengaruh langsung terhadap besarnya debit, distribusi tekanan pori, dan deformasi tanah sekitar (Bassols et al., 2021; Chu et al., 2024; Lei et al., 2023). Dengan demikian, desain dewatering yang baik tidak hanya berfokus pada pompa, tetapi juga pada bagaimana sistem tersebut membentuk ulang jalur aliran air tanah secara aman.

Selain itu, literatur juga menekankan pentingnya pendekatan pra-dewatering melalui pumping test, pemodelan drawdown, dan monitoring piezometer selama konstruksi. Strategi ini diperlukan untuk memvalidasi parameter lapangan seperti koefisien permeabilitas, radius pengaruh, dan debit rembesan yang sering kali berbeda dari asumsi awal desain. Dalam konteks biaya, pendekatan berbasis data nyata lapangan terbukti dapat mengurangi pemborosan jumlah sumur, kapasitas pompa, energi, dan durasi operasi. Bahkan, pendekatan multi-objektif yang mengombinasikan target teknis dan efisiensi biaya mulai banyak direkomendasikan untuk proyek basement modern, karena mampu menyeimbangkan kebutuhan keselamatan konstruksi dengan pengendalian biaya pelaksanaan (Chen et al., 2023; Fischione et al., 2022; Hsu et al., 2023; Z. Ma et al., 2023; Sharghi & Jeong, 2024).

Berdasarkan tinjauan pustaka, dapat dipahami bahwa efektivitas dewatering pada proyek basement sangat dipengaruhi oleh empat kelompok faktor utama. Pertama, kondisi geologi dan hidrogeologi akuifer menentukan pilihan metode dan kebutuhan kapasitas sistem. Kedua, interaksi antara pit dan curtain memegang peranan penting dalam mengendalikan drawdown eksternal. Ketiga, konfigurasi sistem pompa harus dirancang berdasarkan debit rembesan dan radius pengaruh yang realistis. Keempat, monitoring dan rekayasa ulang aliran seperti recharge atau reinjection dapat digunakan untuk meminimalkan dampak lingkungan sekitar. Meskipun berbagai studi telah membahas aspek-aspek tersebut secara mendalam, sebagian besar dilakukan pada kondisi proyek dengan kombinasi teknik dewatering yang kompleks dan berbasis simulasi numerik tingkat lanjut.

Kesenjangan penelitian muncul karena belum banyak kajian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas sistem dewatering konvensional dengan jumlah pompa terbatas pada proyek basement gedung pemerintahan di kawasan padat perkotaan Indonesia, sekaligus mengaitkannya dengan estimasi biaya pelaksanaan yang terukur. Sebagian penelitian lebih berfokus pada optimasi teknis, sementara sebagian lainnya menitikberatkan pada mitigasi settlement atau analisis numerik mendalam. Padahal, dalam praktik proyek, keputusan pelaksanaan sering kali membutuhkan pendekatan yang lebih aplikatif: apakah sistem sederhana, misalnya dua unit pompa submersible, cukup efektif secara teknis dan masih ekonomis untuk dilaksanakan. Oleh sebab itu, penelitian ini menempati posisi penting dengan menjembatani analisis teknis dewatering dan estimasi biaya pada konteks lapangan yang nyata.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi tanah dan muka air tanah pada lokasi pembangunan basement Gedung KKP, mengevaluasi efektivitas teknis sistem dewatering dalam menurunkan muka air tanah hingga elevasi rencana, menghitung kebutuhan kapasitas dan jumlah pompa yang optimal berdasarkan debit rembesan, menyusun estimasi biaya pelaksanaan sistem dewatering beserta pekerjaan pendukungnya, serta menilai hubungan antara efektivitas teknis dan efisiensi biaya agar diperoleh alternatif pelaksanaan yang rasional dan ekonomis. Berdasarkan tujuan tersebut, hipotesis penelitian menyatakan bahwa sistem dewatering konvensional dengan dua unit pompa submersible berkapasitas 200 liter/menit diduga efektif untuk mencapai target drawdown dan menghasilkan estimasi biaya yang efisien sesuai kebutuhan teknis lapangan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada upaya mengintegrasikan analisis hidrogeologi, evaluasi kinerja sistem pompa konvensional, dan estimasi biaya pelaksanaan dalam satu studi kasus spesifik pada proyek basement Gedung KKP. Fokus penelitian tidak diarahkan pada pengembangan model numerik yang kompleks, melainkan pada penilaian kelayakan teknis-ekonomis sistem dewatering yang benar-benar relevan bagi pengambilan keputusan proyek. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pekerjaan dewatering basement Gedung KKP di Jalan Medan Merdeka Timur, Jakarta Pusat, meliputi

analisis data tanah hasil SPT dan boring, perhitungan radius ekuivalen, radius pengaruh, debit air tanah, kebutuhan pompa, serta estimasi biaya pekerjaan dewatering dan pekerjaan pendukungnya. Penelitian ini tidak membahas desain struktur basement, analisis stabilitas lereng secara rinci, maupun evaluasi operasional gedung pascakonstruksi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk mengevaluasi efektivitas teknis dan estimasi biaya sistem dewatering pada konstruksi basement Gedung Kementerian Kelautan dan Perikanan di Jalan Medan Merdeka Timur, Jakarta Pusat. Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap kondisi lapangan, sedangkan data sekunder meliputi hasil penyelidikan tanah, data Standard Penetration Test (SPT), parameter permeabilitas, gambar rencana, serta ketentuan harga satuan pekerjaan yang berlaku. Investigasi tanah dilakukan melalui empat titik sondir mekanis berkapasitas 2,5 ton dan satu titik pemboran dalam hingga kedalaman 30 meter untuk mengidentifikasi stratigrafi, konsistensi tanah, dan kondisi muka air tanah. Analisis teknis dewatering dilaksanakan dengan menghitung radius ekuivalen galian, radius pengaruh, serta debit rembesan air tanah sebagai dasar penentuan kebutuhan jumlah dan kapasitas pompa submersible. Selanjutnya, estimasi biaya pelaksanaan disusun berdasarkan volume pekerjaan, kebutuhan peralatan, serta Analisis Harga Satuan Pekerjaan yang mengacu pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta Tahun 2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Kondisi Tanah dan Muka Air Tanah

Hasil penyelidikan tanah menunjukkan bahwa lokasi proyek basement Gedung KKP didominasi oleh tanah lunak hingga kedalaman investigasi 30 m. Nilai rata-rata N-SPT sebesar 6,11 mengindikasikan bahwa tanah di area proyek memiliki konsistensi lunak, sehingga memerlukan pengendalian air tanah yang memadai selama pekerjaan galian. Kondisi ini penting karena tanah lunak cenderung lebih sensitif terhadap perubahan tekanan air pori dan penurunan stabilitas apabila muka air tanah tidak dikendalikan dengan baik. Muka air tanah alami pada lokasi penelitian teridentifikasi pada elevasi sekitar -4,0 m, sedangkan elevasi galian rencana basement mencapai -10,5 m, sehingga dibutuhkan penurunan muka air tanah sebesar 6,5 m.

Tabel 1. Ringkasan kondisi tanah dan muka air tanah

Parameter	Nilai
Kedalaman investigasi tanah	30 m
Jenis tanah dominan	Lempung berlanau berpasir
Nilai rata-rata N-SPT	6,11
Klasifikasi umum tanah	Tanah lunak
Elevasi muka air tanah awal	-4,0 m
Elevasi target dewatering	-10,5 m
Penurunan muka air tanah yang dibutuhkan	6,5 m

Hasil Analisis Kebutuhan Dewatering

Berdasarkan luas area galian sebesar 1.725 m^2 dan parameter permeabilitas ekuivalen sebesar 0,00011, diperoleh hasil analisis teknis dewatering yang menunjukkan radius ekuivalen galian 23,43 m, radius pengaruh 204,5 m, dan debit rembesan air tanah 173,82 liter/menit. Nilai debit tersebut menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan kapasitas pompa untuk menjaga area galian tetap kering selama pekerjaan

basement berlangsung. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem dewatering konvensional memerlukan 2 unit pompa submersible yang dioperasikan secara paralel, masing-masing berkapasitas 200 liter/menit dengan daya 5 PK. Kapasitas ini dinilai memadai karena lebih besar dari debit rembesan yang dihitung, sehingga secara teknis sistem mampu menurunkan muka air tanah hingga elevasi rencana.

Tabel 2. Hasil analisis kebutuhan sistem dewatering

Parameter	Nilai
Luas area galian	1.725 m²
Permeabilitas ekuivalen	0,00011
Radius ekuivalen galian (Rw)	23,43 m
Radius pengaruh (Ro)	204,5 m
Debit rembesan air tanah (Q)	0,002897 m³/detik
Debit rembesan air tanah	173,82 liter/menit
Jumlah pompa yang dibutuhkan	2 unit
Kapasitas tiap pompa	200 liter/menit
Daya pompa	5 PK

Estimasi Biaya Pelaksanaan

Hasil perhitungan biaya menunjukkan bahwa total estimasi biaya pelaksanaan sistem dewatering beserta pekerjaan pendukung galian basement adalah sebesar Rp 4.698.722.192,49. Dari keseluruhan komponen biaya, porsi terbesar berasal dari pekerjaan galian basement menggunakan alat berat, sedangkan biaya dewatering merupakan bagian dari sistem pendukung untuk menjamin kelancaran dan keamanan proses konstruksi. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas teknis dewatering tidak dapat dipisahkan dari aspek biaya, karena ketepatan dalam menentukan kapasitas dan jumlah pompa akan berpengaruh langsung terhadap efisiensi pelaksanaan di lapangan. Dengan demikian, penggunaan dua unit pompa submersible tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis penurunan muka air tanah, tetapi juga memberikan dasar perencanaan biaya yang terukur dan rasional.

Tabel 3. Ringkasan estimasi biaya utama

Komponen utama	Biaya (Rp)
Pagar sementara proyek	125.079.024,84
Bangunan temporary	271.543.000,70
Sumur bor dan pompa dewatering	73.450.000,00
Pembersihan lahan	77.258.854,72
Pengukuran ulang topografi	1.001.917.240,39
Dinding batako / bak kontrol sementara	58.963.821,84
Saluran beton U-Ditch	57.702.190,00
Galian basement dengan alat berat	3.032.808.060,00
Total	**4.698.722.192,49**

Pembahasan

Kondisi Tanah dan Implikasinya terhadap Kebutuhan Dewatering

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi pembangunan basement Gedung KKP didominasi oleh tanah lunak dengan nilai rata-rata N-SPT sebesar 6,11 hingga kedalaman investigasi 30 m. Kondisi ini menandakan bahwa tanah di area galian memiliki kekuatan geser yang relatif rendah dan sensitivitas tinggi terhadap perubahan kadar air maupun tekanan pori. Dalam konteks geoteknik, tanah lunak dengan porositas tinggi cenderung mengalami penurunan tegangan efektif ketika muka air tanah tidak dikendalikan, sehingga risiko deformasi dasar galian, rembesan, dan penurunan tanah

di sekitar area konstruksi menjadi lebih besar. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa karakteristik tanah lunak dan muka air tanah dangkal merupakan faktor dominan dalam perencanaan sistem dewatering pada pekerjaan basement, karena keduanya menentukan besarnya kontrol hidraulik yang harus disediakan agar stabilitas tetap terjaga (Chu et al., 2024; Z. Ma et al., 2023; Zeng et al., 2021).

Pada penelitian ini, muka air tanah alami berada pada elevasi sekitar -4,0 m, sedangkan target penurunan untuk mendukung pekerjaan basement adalah hingga elevasi -10,5 m. Artinya, dibutuhkan drawdown sebesar 6,5 m agar area galian tetap aman dan operasional alat dapat berlangsung tanpa gangguan genangan. Kebutuhan penurunan ini menunjukkan bahwa dewatering bukan sekadar pekerjaan tambahan, melainkan bagian inti dari pengendalian kondisi geoteknik selama pelaksanaan basement. Secara teoritis, proses dewatering akan mengubah head air tanah dan menurunkan tekanan air pori, yang pada satu sisi meningkatkan kestabilan dasar galian, tetapi pada sisi lain dapat memicu deformasi tanah di sekitar pit jika tidak dikontrol dengan baik (Liang et al., 2023; Q. Yang et al., 2023; Zhang et al., 2023). Oleh karena itu, hasil penelitian ini menegaskan bahwa analisis kondisi tanah dan muka air tanah harus menjadi dasar awal dalam menentukan kapasitas pompa, durasi operasi, dan sistem pendukung lainnya.

Literatur juga menegaskan bahwa kedalaman muka air tanah dan distribusi lapisan pembatas seperti aquitard sangat mempengaruhi efisiensi dewatering serta luas zona pengaruh drawdown. Lapisan yang lebih kedap dapat memperlambat proses penurunan muka air tanah, sedangkan lapisan berpasir atau material lunak yang lebih permeabel dapat mempercepat pelepasan air namun meningkatkan risiko settlement tidak seragam apabila drawdown terjadi secara tidak terkendali (X. Cheng et al., 2025; J. Wang, Ma, et al., 2023; X. Wang & Xu, 2021). Dalam kasus basement Gedung KKP, dominasi tanah lunak menjadi alasan teknis mengapa sistem dewatering harus dirancang secara hati-hati, sekalipun metode yang digunakan tergolong konvensional. Implikasi praktisnya adalah bahwa desain dewatering untuk proyek serupa di kawasan perkotaan sebaiknya tidak hanya mengandalkan asumsi umum, melainkan disusun berdasarkan data investigasi tanah, evaluasi stratigrafi, dan rencana monitoring muka air tanah secara berkala. Hasil ini sekaligus mendukung rekomendasi literatur bahwa pendekatan berbasis karakter tanah, variasi stratigrafi, dan kontrol real-time akan meningkatkan keselamatan pekerjaan galian dan mengurangi dampak terhadap lingkungan sekitar (Roberts et al., 2023; Sun et al., 2023)

Efektivitas Teknis Sistem Dewatering pada Area Galian

Berdasarkan hasil analisis, luas area galian sebesar 1.725 m² dengan parameter permeabilitas ekuivalen 0,00011 menghasilkan radius ekuivalen galian 23,43 m, radius pengaruh 204,5 m, dan debit rembesan air tanah sebesar 173,82 liter/menit. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa air tanah yang masuk ke area galian cukup signifikan, sehingga dibutuhkan kapasitas pemompaan yang memadai agar target drawdown dapat dicapai secara konsisten. Dalam penelitian ini, penggunaan dua unit pompa submersible berkapasitas masing-masing 200 liter/menit dipandang cukup untuk menangani debit rembesan tersebut. Secara teknis, total kapasitas terpasang telah melampaui debit inflow yang dihitung, sehingga sistem memiliki margin operasi yang cukup untuk menjaga dasar galian tetap relatif kering.

Temuan ini mendukung hipotesis penelitian bahwa sistem dewatering konvensional dengan dua pompa submersible mampu menurunkan muka air tanah hingga elevasi rencana pada proyek basement Gedung KKP. Hasil tersebut sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa dewatering konvensional dengan pompa submersible tetap efektif selama sifat akuifer, permeabilitas, kedalaman, serta konfigurasi sistem dipertimbangkan secara memadai dalam desain (Bozan et al., 2022; Hossain et al., 2024). Dengan kata lain, efektivitas sistem tidak hanya ditentukan oleh besar kecilnya kapasitas

pompa, tetapi juga oleh ketepatan analisis debit rembesan, radius pengaruh, dan penempatan sistem terhadap geometri galian.

Meskipun demikian, literatur juga mengingatkan bahwa keberhasilan dewatering konvensional sering kali diikuti oleh potensi drawdown di luar pit, terutama jika barrier hidraulik seperti curtain atau diaphragm wall tidak memadai (Liang et al., 2023). Pada artikel ini, fokus penelitian memang terletak pada evaluasi efektivitas teknis dan estimasi biaya sistem konvensional, sehingga temuan utama menunjukkan bahwa untuk kondisi debit yang dihitung, dua pompa submersible sudah memadai. Namun, secara teoritis, radius pengaruh sebesar 204,5 m mengindikasikan bahwa pengaruh hidraulik sistem dapat meluas cukup jauh dari area galian, sehingga monitoring di sekitar lokasi tetap penting untuk menghindari dampak tidak diinginkan. Hal ini sejalan dengan hasil studi model 3D dan transien yang menunjukkan bahwa waktu pencapaian target drawdown, distribusi tekanan pori, dan respons dinding pit sangat dipengaruhi oleh kedalaman akuifer, kedalaman dinding penahan, dan interaksi antara dewatering dengan kestabilan lereng atau dinding penahan (Pujades et al., 2024).

Dari sudut pandang praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode konvensional masih relevan untuk proyek basement, terutama bila kondisi debit rembesan masih berada dalam rentang yang dapat ditangani oleh jumlah pompa terbatas. Akan tetapi, implikasi teoritisnya adalah bahwa operasi dewatering yang efektif seharusnya tetap dilengkapi dengan evaluasi hidrogeologi pra-desain, pumping test, dan pemantauan muka air tanah secara periodik agar sistem dapat disesuaikan apabila terjadi perubahan kondisi lapangan (Roberts et al., 2023). Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya membuktikan kecukupan kapasitas dua pompa submersible, tetapi juga memperkuat prinsip bahwa efektivitas teknis dewatering sangat ditentukan oleh integrasi antara perhitungan, konfigurasi alat, dan pengawasan lapangan.

Keterkaitan Efektivitas Dewatering dengan Estimasi Biaya Pelaksanaan

Penelitian ini menunjukkan bahwa total estimasi biaya pelaksanaan dewatering dan pekerjaan pendukung basement mencapai Rp 4.698.722.192,49, dengan komponen biaya terbesar berasal dari pekerjaan galian basement menggunakan alat berat. Dalam konteks ini, dewatering berfungsi sebagai sistem pendukung yang menentukan kelancaran pekerjaan utama. Jika sistem dewatering tidak efektif, maka pekerjaan galian dapat tertunda, produktivitas alat menurun, dan biaya proyek meningkat akibat durasi kerja yang lebih panjang, perbaikan area kerja yang tergenang, atau kebutuhan penyesuaian metode pelaksanaan. Oleh sebab itu, efektivitas teknis dewatering berkaitan langsung dengan efisiensi biaya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penentuan dua unit pompa submersible dengan kapasitas yang sesuai memberikan manfaat ekonomis karena mampu memenuhi kebutuhan teknis tanpa menimbulkan kelebihan kapasitas yang tidak perlu. Temuan ini sejalan dengan literatur bahwa sistem dewatering yang efektif dapat menurunkan biaya operasional dan risiko keterlambatan proyek, sedangkan sistem yang tidak tepat berpotensi memicu pemborosan energi, over-dimensioning alat, dan biaya koreksi di lapangan (Bassols et al., 2021; Borges et al., 2023). Dalam penelitian ini, pemilihan jumlah pompa yang tidak berlebihan menunjukkan bahwa efisiensi biaya dapat dicapai melalui desain yang proporsional terhadap debit rembesan aktual. Dengan demikian, aspek teknis dan ekonomi tidak dapat dipisahkan; ketepatan desain teknis justru menjadi prasyarat utama bagi efisiensi anggaran.

Di sisi lain, literatur juga menekankan bahwa pendekatan yang lebih maju seperti pemodelan 3D, pumping test, dan monitoring real-time dapat membantu menekan biaya total dengan mengurangi ketidakpastian desain dan mencegah over-design sejak awal (Pujades et al., 2024; Vukelić & Šporin, 2024). Walaupun penelitian ini menggunakan pendekatan yang lebih aplikatif dan konvensional, hasilnya menunjukkan bahwa perencanaan berbasis data tanah, perhitungan debit rembesan, dan evaluasi kebutuhan pompa sudah cukup untuk menghasilkan alternatif pelaksanaan yang rasional.

Implikasi praktisnya, pada proyek-proyek basement dengan karakteristik serupa, kontraktor dan perencana dapat menggunakan pendekatan sederhana tetapi terukur untuk menyeimbangkan kebutuhan teknis dan keterbatasan biaya. Namun, untuk proyek dengan risiko lingkungan lebih tinggi atau area padat utilitas, integrasi metode tambahan seperti curtain, recharge, atau monitoring deformasi tetap perlu dipertimbangkan agar biaya jangka panjang akibat settlement dan kerusakan sekitar dapat ditekan (Hsu et al., 2023; Mohammed & Shiekha, 2021). Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa sistem dewatering yang direncanakan tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga cukup rasional secara ekonomis untuk diterapkan pada proyek basement Gedung KKP.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem dewatering konvensional pada konstruksi basement Gedung KKP terbukti layak diterapkan secara teknis dan ekonomis. Kondisi tanah lunak dengan nilai rata-rata N-SPT 6,11 serta muka air tanah awal pada elevasi -4,0 m menunjukkan bahwa pengendalian air tanah merupakan kebutuhan utama agar stabilitas galian tetap terjaga. Hasil analisis menunjukkan debit rembesan sebesar 173,82 liter/menit, sehingga penggunaan 2 unit pompa submersible berkapasitas 200 liter/menit dinilai memadai untuk menurunkan muka air tanah hingga elevasi rencana -10,5 m. Dari sisi biaya, total estimasi pelaksanaan sebesar Rp 4.698.722.192,49 menunjukkan bahwa perencanaan dewatering yang tepat dapat mendukung efisiensi pekerjaan basement. Disarankan agar pada proyek sejenis dilakukan investigasi tanah yang lebih rinci, pumping test sebelum pelaksanaan, serta monitoring muka air tanah selama operasi dewatering agar efektivitas sistem meningkat dan potensi risiko terhadap area sekitar dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

Bassols, J. B. i., Vázquez-Suñé, E., Crosetto, M., Barra, A., & Gérard, P. (2021). D-InSAR Monitoring of Ground Deformation Related to the Dewatering of Construction Sites. A Case Study of Glòries Square, Barcelona. *Engineering Geology*, *286*, 106041. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106041

Borges, R. P., Bacellar, L. de A. P., Grasso, C. B., Gomes, G. J. C., & Gomes, R. G. S. (2023). Slope Geometry Optimization Considering Groundwater Drawdown Scenarios at an Open-Pit Phosphate Mine, Southeastern Brazil. *Environmental Earth Sciences*, *82*(7). https://doi.org/10.1007/s12665-023-10855-w

Bozan, C., Wallis, I., Cook, P. G., & Dogramaci, S. (2022). Groundwater-Level Recovery Following Closure of Open-Pit Mines. *Hydrogeology Journal*, *30*(6), 1819–1832. https://doi.org/10.1007/s10040-022-02508-2

Chen, G., Zhang, X., Zhang, S., Huang, F., Han, X., Ma, H., Luo, L., & Bao, H. (2023). Response Monitoring and Analysis in Deep Foundation Pit Excavation: A Case Study in Soft Soil at Subway Tunnel Intersections. *Buildings*, *13*(5), 1286. https://doi.org/10.3390/buildings13051286

Cheng, X., Ding, K., & Liu, H. (2025). Evolution Mechanism of the Dynamic Excavation Deformation of Deep Foundation Pits With Water-Rich Sand-Pebble Geology. *Engineering Research Express*, *7*(1), 15109. https://doi.org/10.1088/2631-8695/adab51

Cheng, Y. M., Chen, F., Zhu, Z., Yuan, C., & Li, L. (2021). Seepage Analysis for Construction, With Applications to Some Projects in Hong Kong. *Geofluids*, *2021*, 1–18. https://doi.org/10.1155/2021/6623816

Chu, Y., Shi, J., Ye, Z., & Liu, D. (2024). Dewatering Characteristics and Drawdown Prediction of Suspended Waterproof Curtain Foundation Pit in Soft Soil Areas. *Buildings*, *14*(1), 119. https://doi.org/10.3390/buildings14010119

Dai, L., Tian, X., Yang, L., & Wanjiang, M. A. (2023). Numerical Simulation of Foundation Pit Dewatering Based on FEFLOW-taking Pumping Station a as an Example. *International Journal of Social Sciences and Economic Management*, *4*(1). https://doi.org/10.38007/ijssem.2023.040102

Du, S., Liu, P., Wang, W., Shi, W., Li, Q., Li, J., & Li, J. (2023). Numerical Simulation and Analysis of the Influencing Factors of Foundation Pit Dewatering Under a Coupled Radial Well and Curtain. *Water*, *15*(10), 1839. https://doi.org/10.3390/w15101839

Fischione, P., Pasquali, D., Celli, D., Nucci, C. D., & Risio, M. D. (2022). Beach Drainage System: A Comprehensive Review of a Controversial Soft-Engineering Method. *Journal of Marine Science and Engineering*, *10*(2), 145. https://doi.org/10.3390/jmse10020145

Hossain, M. S., Chowdhury, M. M., Das, B. K., Islam, M. R., Kibria, M. G., & Banik, S. (2024). A Sustainable Energy Approach for Pumping and Irrigation in the Barind Region of Bangladesh. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *26*(7), 2151–2180. https://doi.org/10.1007/s10098-023-02711-z

Hsu, C.-F., Kuan, C.-F., & Chen, S.-L. (2023). Three-Dimensional Numerical Analysis on the Influence of Buttress Wall Removal Timing on the Lateral Deformation of Diaphragm Walls During Deep Excavation. *Buildings*, *13*(11), 2678. https://doi.org/10.3390/buildings13112678

Laver, R. (2021). Construction Dewatering in Reclaimed Land in Hong Kong — A Review of Best Practices. *Hkie Transactions*, 130–138. https://doi.org/10.33430/v28n3thie-2020-0038

Lei, X., Sun, D., Liu, K., Jia, Q., Li, D., & Feng, Y. (2023). Technical Summary of Tunnel Mud Pumping Treatment and a Method of Pressure Reduction by Water Release. *Applied Sciences*, *14*(1), 276. https://doi.org/10.3390/app14010276

Liang, X., Guan, L., Tang, Y., Chen, M., Peng, J., & Xu, C. (2023). A Study on the Influence of Dewatering in the Excavation of Adjacent Tunnels Under Lateral Soil Effects. *Applied Sciences*, *14*(1), 102. https://doi.org/10.3390/app14010102

Ma, J., Li, D., & Wang, M. (2021). The Evaluation of the Hydrogeological Parameters of a Field Pumping Test Within Multi-Layer Unconfined Pebble Aquifers: A Case Study. *Ksce Journal of Civil Engineering*, *25*(10), 4018–4031. https://doi.org/10.1007/s12205-021-2104-4

Ma, Z., Wang, J., Zhao, Y., Li, B.-L., & Wei, Y. (2023). Research on Multi-Objective Optimization Model of Foundation Pit Dewatering Based on NSGA-II Algorithm. *Applied Sciences*, *13*(19), 10865. https://doi.org/10.3390/app131910865

Mohammed, O. Y., & Shiekha, A. A. (2021). Dewatering System Control by MATLAB Software. *E3s Web of Conferences*, *318*, 1013. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131801013

Pujades, E., Badiella, G., Jurado, A., Carrera, J., & Vázquez-Suñé, E. (2024). An Approach for the Design of Dewatering Systems: The Case of an Excavation for the Construction of the Assembly Shaft of a Tunnel Boring Machine. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *83*(7). https://doi.org/10.1007/s10064-024-03778-8

Roberts, T. O. L., Preene, M., & Powrie, W. (2023). The Changing Nature of Groundwater Control for Temporary Works. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering*, *176*(5), 11–20. https://doi.org/10.1680/jcien.22.00128

Sharghi, M., & Jeong, H. (2024). The Potential of Recycling and Reusing Waste Materials in Underground Construction: A Review of Sustainable Practices and Challenges. *Sustainability*, *16*(12), 4889. https://doi.org/10.3390/su16124889

Sun, Z., Geng, J., Wei, G., & Li, W. (2023). Engineering Application of Vacuum Preloading Combined With Electroosmosis Technique in Excavation of Soft Soil on Complex Terrain. *Plos One*, *18*(6), e0288026. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288026

Tan, W., Kang, H., Xu, J., & Wang, X. (2023). Analysis of Steady Groundwater Flow in Confined Aquifer Due to Long-Strip Pit Dewatering With Suspended Cut-Off Wall. *Sustainability*, *15*(22), 15699. https://doi.org/10.3390/su152215699

Vukelić, Ž., & Šporin, J. (2024). Determination of Save Excavation Criteria in Velenje Coal Mine. *Minerals*, *14*(1), 77. https://doi.org/10.3390/min14010077

Wang, J., Ma, Z., Zeng, J., Chen, Z., & Li, G. (2023). Numerical Study on the Influence of Aquitard Layer Distribution and Permeability Parameters on Foundation Pit Dewatering. *Water*, *15*(21), 3722. https://doi.org/10.3390/w15213722

Wang, J., Yang, T., Wang, G., Liu, X., Xu, N., Stouthamer, E., Yin, Y., Wang, H., Yan, X., & Huang, X. (2023). Control and Prevent Land Subsidence Caused by Foundation Pit Dewatering in a Coastal Lowland Megacity: Indicator Definition, Numerical Simulation, and Regression

Analysis. *Environmental Earth Sciences*, *82*(2). https://doi.org/10.1007/s12665-022-10708-y
Wang, X., & Xu, Y. (2021). Impact of the Depth of Diaphragm Wall on the Groundwater Drawdown During Foundation Dewatering Considering Anisotropic Permeability of Aquifer. *Water*, *13*(4), 418. https://doi.org/10.3390/w13040418
Xu, N., Shi, Y., Wang, J., Wu, Y., Lu, J., Zhou, R., Huang, X., & Ye, Z. (2023). Field Experiments on 3D Groundwater Flow Patterns in the Deep Excavation of Gravel-Confined Aquifers in Ancient Riverbed Areas. *Applied Sciences*, *13*(18), 10438. https://doi.org/10.3390/app131810438
Yang, K., Xu, C., Chi, M., & Wang, P. (2022). Analytical Analysis of the Groundwater Drawdown Difference Induced by Foundation Pit Dewatering With a Suspended Waterproof Curtain. *Applied Sciences*, *12*(20), 10301. https://doi.org/10.3390/app122010301
Yang, Q., Chen, S., & Yuan, Y. (2023). Experimental Study on the Variation Rule of Water Level Outside the Pit Caused by Dewatering in the Pit and the Rule of Reinjection Outside the Pit. *Frontiers in Materials*, *10*. https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1192557
Yang, X., Li, M. D., Zhang, E., Qin, S., Zheng, S., Sun, Q., Lin, Y., & Fan, B. (2025). Study on Recharge Test and Numerical Simulation of Deep Foundation Pit of Subway in Jinan Silty Clay Stratum. *Engineering Research Express*, *7*(3), 35107. https://doi.org/10.1088/2631-8695/adf0c7
Zeng, B., Yu, Z., Zhang, D., Meng, T., Gong, Z., & Liu, S. (2021). A Case Study of Vacuum Tube-Well Dewatering Technology for Improving Deep Soft Soil in Yangtze River Floodplain. *Environmental Earth Sciences*, *80*(17). https://doi.org/10.1007/s12665-021-09878-y
Zhang, X., Hu, M., Chen, X., Dong, J., & Liu, S. (2023). Research on Subsidence Induced by the Dewatering–Curtain Interaction in the Deep Foundation Pit of the Shield Launching Shaft in Shenzhen, China. *Water*, *15*(9), 1798. https://doi.org/10.3390/w15091798
Zhang, X., Wang, X., & Xu, Y. (2021). Influence of Filter Tube of Pumping Well on Groundwater Drawdown During Deep Foundation Pit Dewatering. *Water*, *13*(22), 3297. https://doi.org/10.3390/w13223297