

Metode Penanggulangan *Defect* Rembesan antara Dinding Penahan Tanah dengan Dinding Rumah *Cluster* di Sentul

Deva Febrian^{a,1,*}

Email : deva.febrian_ts21@nusaputra.ac.id

Diterima; diperbaiki; disetujui

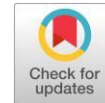
ABSTRAK

Rembesan yang terjadi antara dinding penahan tanah dan dinding rumah di kawasan Sentul menjadi permasalahan yang dapat mengganggu ketahanan struktur bangunan serta kenyamanan penghuni. Tekanan hidrostatik dari air tanah yang terus meningkat, terutama saat musim hujan, serta sistem dinding penahan tanah yang kurang optimal menjadi faktor utama penyebab rembesan. Jika tidak segera ditangani, kondisi ini dapat memperburuk kerusakan struktural, mengurangi umur layanan bangunan, dan meningkatkan risiko kelembapan berlebih pada dinding. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama rembesan dan menerapkan metode penanggulangan yang efektif.

Beberapa langkah yang dilakukan antara lain pemasangan sistem pipa subdrain untuk mengalirkan air ke saluran pembuangan utama, penggunaan plastik cor sebagai lapisan kedap air guna mencegah infiltrasi air, serta penggantian material dinding dari hebel ke bata merah yang lebih tahan terhadap kelembapan. Selain itu, dilakukan aplikasi *sealant waterproofing* pada sambungan struktural untuk mengurangi celah rembesan serta pengecatan ulang menggunakan cat khusus tahan air guna memberikan perlindungan tambahan. Hasil penerapan metode ini menunjukkan bahwa kombinasi peningkatan sistem drainase dan pemilihan material yang lebih tahan air secara signifikan mampu mengurangi risiko rembesan. Namun, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk memastikan efektivitas solusi yang telah diterapkan dalam jangka panjang.

ABSTRACT

Seepage between retaining walls and house walls in the Sentul area is a problem that can disrupt the building's structural integrity and occupant comfort. Increasing hydrostatic pressure from groundwater, particularly during the rainy season, and a suboptimal retaining wall system are the main factors causing seepage. If not addressed promptly, this condition can exacerbate structural damage, reduce the building's service life, and increase the risk of excessive moisture in the walls. This study aims to identify the underlying causes of seepage and implement effective mitigation methods.



KATA KUNCI

Batu bata merah
Dinding penahan tanah
Drainase
Plastic cor
Rembesan
Tekanan hidrostatik
Waterproofing

KATA KUNCI

Red brick
Retaining wall Drainage
Cast plastic
Seepage
Hydrostatic pressure
Waterproofing



Several measures taken include installing a subdrain pipe system to channel water to the main drain, using plastic casting as a waterproofing layer to prevent water infiltration, and replacing wall materials from hebel (aerated concrete) with more moisture-resistant red brick. Furthermore, waterproofing sealant was applied to structural joints to reduce seepage gaps, and repainting with a special waterproof paint provided additional protection. The results of this method application indicate that the combination of improved drainage systems and the selection of more waterproof materials significantly reduced the risk of seepage. However, regular monitoring is still needed to ensure the long-term effectiveness of the implemented solutions.



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license

1. Pendahuluan

Perumahan dan pemukiman merupakan salah satu pokok manusia. Sebagaimana tertulis dalam Undang-Undang Dasar (UUD) 1945 pasal 28, bahwa rumah adalah salah satu hak dasar seseorang dan oleh karena itu setiap manusia berhak untuk bertempat tinggal dan mendapat lingkungan yang baik dan sehat. Selain itu rumah juga merupakan kebutuhan dasar manusia dalam meningkatkan harkat, martabat, mutu kehidupan dan penghidupan, serta sebagai pencerminan diri pribadi dalam upaya peningkatan taraf hidup, serta pembentukan watak, karakter, dan kepribadian bangsa[1]. Pembangunan perumahan dan pemukiman selalu menghadapi permasalahan pertahanan terlebih di daerah perkotaan terkait ketersediaan lahan yang terbatas[2].

Berdasarkan anggaran dasar perusahaan, ruang lingkup kegiatan citra adalah mendirikan dan menjalankan usaha di bidang pembangunan dan pengembangan perumahan (*real estate*), rumah susun (*apartment*), perkantoran, pertokoan, pusat niaga, tempat rekreasi dan kawasan wisata beserta fasilitas-fasilitasnya serta mendirikan dan menjalankan usaha-usaha di bidang yang berhubungan dengan perencanaan, pembuatan serta pemeliharaan sarana perumahan, termasuk tidak terbatas pada lapangan golf, club keluarga, restoran dan tempat hiburan lain. Citra Sentul Raya memiliki cluster yang berada di area kondisi lereng tanah urugan yaitu cluster 8 park, salah satunya cluster Hanalei [3]

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode analisis data menggunakan metode kualitatif . yaitu salah satu metode penelitian yang memiliki perencanaan sistematis, objektif dan terstruktur untuk menganalisis masalah rembesan pada dinding penahan tanah. Pendekatan ini berfokus pada pengumpulan data dalam bentuk deskriptif, gambar, tabel, atau statistik.

2.1. Pengumpulan Data

Setelah penelitian dilakukan selanjutnya, melakukan pengolahan data secara keseluruhan yang sudah didapatkan. Data yang sudah ada berupa data primer ,data sekunder dan data konsumen complain.

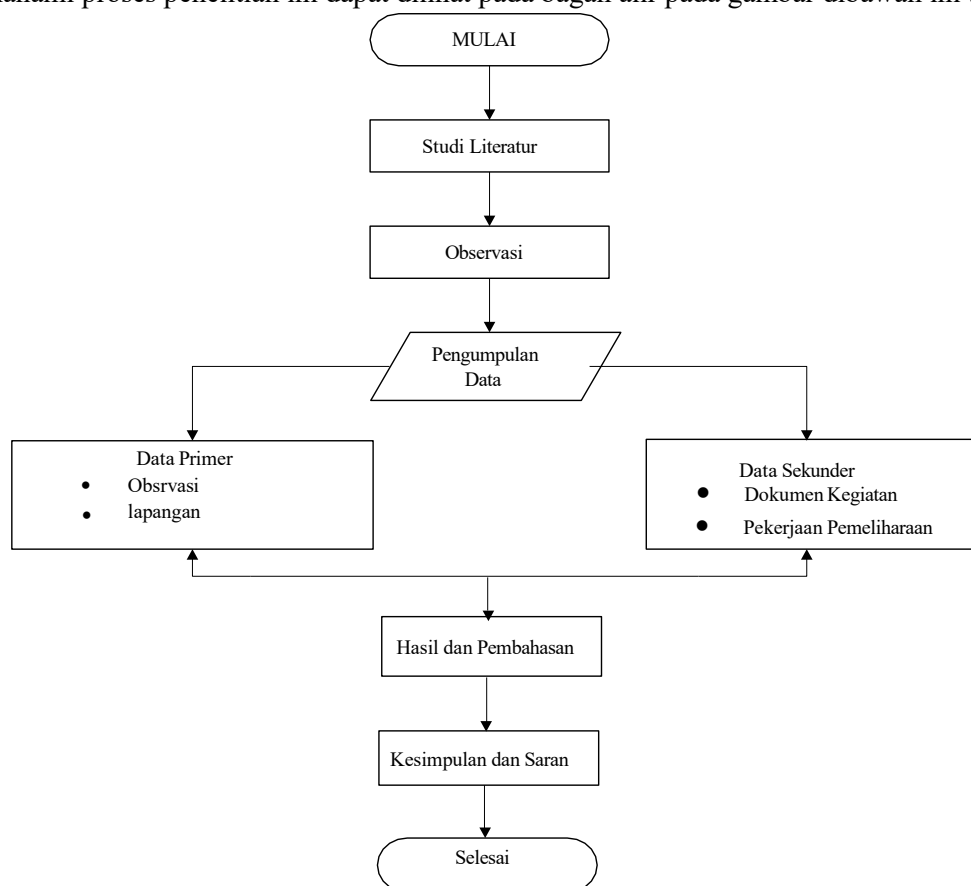
2.2. Lokasi Proyek

Lokasi proyek pembangunan Cluster Hanalei Sentul raya oleh Ciputra grup beralamat di Sirkuit Sentul, Exit tol km 33, Jl. Tol jagorawi, Sentul, Kec. Babakan Madang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16810 . Untuk detail lokasi proyek dapat dilihat pada gambar 2.1



2.3 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan alur atau jalannya penelitian yang berfungsi untuk memudahkan dalam memahami proses penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Faktor Rembesan

Rembesan pada dinding penahan tanah merupakan masalah yang sering dihadapi dalam berbagai proyek konstruksi, terutama di lokasi-lokasi dengan kondisi topografi yang berbukit atau memiliki perbedaan ketinggian tanah yang signifikan. Salah satu contoh yang relevan adalah pada proyek rumah cluster di Sentul, di mana banyak bangunan yang dibangun di atas lahan yang memiliki lereng curam atau perbedaan ketinggian antar titik yang cukup besar. Dalam kondisi seperti ini, dinding penahan tanah berfungsi untuk menahan beban lateral dari tanah yang terletak di belakangnya, sehingga penting untuk memastikan bahwa dinding tersebut dapat bekerja dengan baik dalam menahan tekanan dari massa tanah yang terus-menerus berubah akibat faktor eksternal.

Untuk mengidentifikasi faktor penyebab rembesan yang terjadi pada dinding penahan tanah, perlu dilakukan pemeriksaan menyeluruh dan mendalam terhadap berbagai elemen yang mempengaruhi interaksi antara tanah, air, dan struktur bangunan itu sendiri. Beberapa elemen utama yang perlu diperhatikan antara lain kondisi tanah di sekitar dinding, tingkat kelembaban tanah, keberadaan air tanah, serta perancangan dan kualitas dari dinding penahan tanah itu sendiri. Setiap elemen ini memiliki peran yang signifikan dalam mempengaruhi apakah rembesan dapat terjadi atau tidak. Misalnya, sifat tanah yang bersifat mudah menyerap air, ketidakmampuan drainase dalam mengalirkan air dengan efisien, atau bahkan kesalahan dalam desain dan pelaksanaan dinding penahan itu sendiri bisa berkontribusi pada masalah rembesan yang semakin parah. Selain itu, faktor eksternal seperti curah hujan yang tinggi, perubahan iklim yang ekstrem, atau bahkan pengaruh dari aktivitas manusia, seperti pembangunan di sekitar lokasi yang menyebabkan perubahan aliran air, juga harus diperhitungkan dalam analisis penyebab rembesan ini. Oleh karena itu, analisis yang menyeluruh, yang menggabungkan aspek teknis, lingkungan, dan konstruksi, menjadi sangat penting dalam memahami akar permasalahan rembesan dan mencari solusi yang efektif untuk mencegah kerusakan lebih lanjut pada struktur bangunan.

3.1 Menginput Data Konsumen Komplain

Pada pekerjaan ini, data keluhan konsumen, khususnya yang terkait dengan permasalahan penghuni rumah cluster Hanalei, diinput untuk menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan perbaikan yang akan dilaksanakan dalam dua minggu mendatang. Setiap keluhan yang diterima, baik itu mengenai rembesan air, kerusakan struktural, atau masalah terkait drainase, dicatat dengan detail untuk memastikan bahwa setiap permasalahan yang dihadapi oleh penghuni dapat diidentifikasi dan ditangani dengan tepat.

Tabel 3.1 Data keluhan konsumen

No	CLUSTER	UNIT	NAMA	POSISI KUINCI	PENGAWAS	SM	REALISASI ST	LAPORAN KOMPLAIN	SELESAI PERBAIKAN TEKNIK	INFO SELESAI PERBAIKAN KE KONSUMEN	KOMPLAIN TERAKHIR	KONTRAKTOR
1	HANALEI	A.02/17	OCTA SYARIANT	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	28-Jul-24	CAT GELEMBUNG, BATAS DINDING DGN TETANGGA, DI	11-Jul-24	11-Jul-24	28-Aug-24	PT. CONC DESAIN DAN BANGUN
2	HANALEI	A.03/18	MAYANG	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	06-Jul-24	KERAMIK GOMPAL, LANTAI BAKI SAMPAH SLOOPING	-	-	06-Sep-24	PT. PUTRANATAMA SOTI MANDIRI
3	HANALEI	A.05/05	LEVY MULALING	KONSUMEN	JAJAT	PAK JAMIL	31-Jul-24	HALAMAN BELAKANG TERGENANG SUDAH, KAMAR DE	28-Aug-24	29-Aug-24	30-Sep-24	PT. Bhimika Bangun Mandiri
4	HANALEI	A.02/12	HERU PURNOMO	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	13-Aug-24	REMBES KT DEPAN, STOPER PINTU KENDOR, LANTAI KI	-	-	13-Oct-24	
5	HANALEI	A.05/03	SUYADI	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	23-Aug-24	DINDING REMBES, PINTU UTAMA GOMPAL, DLL	-	-	23-Oct-24	
6	HANALEI	A.02/05	HONG SANI	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	26-Sep-24	DINDING REMBES, PLAFON BOGOR	07-Oct-24	08-Oct-24	26-Nov-24	
7	HANALEI	A.02/26	FRANSISKA AGN	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	19-Oct-24	PINTU UTAMA CACAT	-	-	19-Dec-24	
8	HANALEI	A.03/09	LULIANI	TEKNIK	JAJAT	PAK JAMIL	25-Oct-24	PLAFON BOGOR	-	-	25-Dec-24	

3.1.1 Melakukan pengerjaan seperti cek QC, pembongkaran dinding, pemasangan plastic cor, pipa subdrain disertai ijuk, bata merah dan cat interior

a Cek QC (*Quality Control*)

Quality Control dalam pengerjaan ini merupakan tahap yang sangat penting dan dilakukan sebelum pekerjaan dimulai. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap aspek dari pekerjaan konstruksi, terutama yang berhubungan dengan permasalahan rembesan pada dinding penahan tanah, sudah direncanakan dan dianalisis dengan baik. Sebelum pengerjaan dimulai, dilakukan analisis mendalam terhadap kondisi awal lokasi dan struktur yang ada, untuk mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin muncul selama proses pembangunan.



Gambar 3. 1 Pengecekan QC

b Pembongkaran Dinding

Pembongkaran area dinding dan lantai yang terkena dampak defect rembesan merupakan langkah penting dalam upaya perbaikan dan penanggulangan masalah rembesan yang terjadi pada dinding penahan tanah. Pembongkaran ini dilakukan untuk memastikan bahwa penyebab rembesan dapat diatasi secara menyeluruh dan agar struktur yang terdampak dapat diperbaiki dengan baik. Pada tahap pertama, pembongkaran area dinding yang terkena dampak rembesan harus dilakukan dengan hati-hati, memastikan bahwa proses tersebut tidak merusak elemen struktur lainnya yang masih baik.

Area dinding yang mengalami kerusakan atau rembesan akan dibongkar hingga mencapai lapisan yang lebih dalam, yaitu *slab on ground*, yang merupakan elemen struktural dasar dari bangunan. Tujuan dari pembongkaran ini adalah untuk menghilangkan lapisan dinding yang sudah terkontaminasi atau rusak akibat penetrasi air, serta memastikan bahwa perbaikan dilakukan dengan kondisi dasar yang optimal dan bebas dari kelembapan atau kerusakan lebih lanjut.



Gambar 3. 2 Pembongkaran Dinding

c Pemasangan Pelastik Cor

Pekerjaan pemasangan plastik cor ini dialokasikan khusus di area permukaan dinding penahan tanah, terutama pada bagian yang rawan terjadi kebocoran akibat adanya lubang-lubang kosong atau celah-celah di dinding penahan tanah yang terbuat dari batu kali. Dinding penahan tanah batu kali sering kali memiliki pori-pori atau rongga kecil yang dapat menjadi jalur masuknya air, terutama ketika tanah di sekitarnya jenuh air atau terjadi tekanan hidrostatik yang tinggi. Jika tidak segera ditangani, kebocoran ini bisa menyebabkan rembesan air yang merusak struktur dinding dan bangunan di atasnya. Plastik cor yang digunakan berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat menghalangi aliran air melalui celah atau lubang kecil pada dinding penahan tanah. Pemasangan plastik cor ini dilakukan secara menyeluruh pada permukaan dinding, dengan memastikan bahwa setiap titik yang rawan kebocoran tertutup rapat. Penggunaan plastik cor ini sangat efektif untuk mencegah air meresap melalui celah-celah tersebut, sehingga mengurangi risiko kerusakan lebih lanjut akibat rembesan.



Gambar 3. 3 Pemasangan Pelastik Cor

d Pemasangan pipa subdrain disertai injuk

Pemasangan pipa subdrain dilakukan di sepanjang area dinding penahan tanah untuk mengalirkan air yang merembes dari tanah di sekitar dinding. Sistem ini bertujuan untuk mengurangi tekanan hidrostatik yang terbentuk di belakang dinding penahan tanah, yang sering menjadi penyebab utama rembesan. Pipa subdrain berfungsi untuk mengalirkan air yang terperangkap di area tersebut menuju saluran drainase utama, sehingga mencegah penumpukan air yang dapat meningkatkan risiko rembesan atau kerusakan lebih lanjut pada struktur. Di samping pipa subdrain, digunakan pula injuk sebagai material perantara yang ditempatkan di belakang dinding penahan tanah. Injuk berfungsi untuk menyerap dan menyalurkan air yang merembes melalui dinding ke dalam sistem drainase. Ketika air merembes melalui plastik cor, ia akan mengalir ke injuk yang memiliki kemampuan untuk menyaring dan menyimpan sebagian air tersebut sementara. Kemudian, injuk akan mengalirkan air ke pipa subdrain yang dipasang di sepanjang dinding. Dengan cara ini, air yang merembes tidak hanya terperangkap, tetapi juga dapat dialirkan secara efisien ke saluran drainase, mengurangi tekanan yang berpotensi merusak dinding penahan tanah



Gambar 3. 4 Pemasangan Injuk Dan Pipa Subdrain

e Pergantian Bata Merah

Pergantian material pada dinding penahan tanah ini merupakan solusi terbaik yang ditemukan melalui proses pengujian dan analisis menyeluruh terhadap penyebab rembesan. Pada perencanaan awal, dinding penahan tanah direncanakan menggunakan material hebel. Namun, setelah evaluasi lebih lanjut, ditemukan bahwa hebel tidak cukup efektif dalam mencegah penyerapan air yang dapat mengalirkan rembesan dari dinding menuju area dinding rumah. Hebel, yang memiliki pori-pori lebih besar dan lebih ringan, cenderung lebih mudah menyerap air, sehingga berisiko memperburuk masalah rembesan yang terjadi. Untuk itu, keputusan diambil untuk mengganti material hebel dengan bata merah sebagai bahan konstruksi utama dinding penahan tanah. Bata merah dipilih karena sifatnya yang lebih padat dan tidak mudah menyerap air dibandingkan dengan hebel. Bata merah memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap kelembapan dan rembesan air, sehingga dapat mengurangi risiko penetrasi air ke dalam dinding yang bisa

menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada struktur bangunan. Dengan menggunakan bata merah, air yang merembes dari dinding penahan tanah akan lebih mudah diarahkan dan tidak terperangkap dalam material, sehingga mengurangi dampak negatif yang dapat ditimbulkan.



Gambar 3. 5 Pemasangan Bata Merah

f Pemakaian Cat

Pekerjaan pemakaian cat dasar dan finish cat interior merupakan tahap akhir yang penting dalam memastikan kualitas dan ketahanan permukaan dinding rumah cluster Hanalei. Namun, untuk mendapatkan hasil yang optimal dan menghindari terjadinya defect pada lapisan cat, proses ini harus dilakukan dengan memperhatikan kondisi dinding terlebih dahulu, khususnya terkait dengan plasteran aci yang baru saja diterapkan. Sebelum pengecatan dimulai, plasteran aci harus dibiarkan mengering sepenuhnya. Hal ini sangat penting, karena jika cat diaplikasikan pada permukaan plasteran aci yang masih basah atau belum benar-benar kering, bisa terjadi masalah seperti gelembung pada lapisan cat. Gelembung ini muncul ketika uap air yang terkandung di dalam plasteran aci yang masih lembap terperangkap di bawah lapisan cat. Akibatnya, cat tidak dapat melekat dengan baik pada permukaan dan menyebabkan terjadinya penggelembungan atau pelepuhan cat yang merusak penampilan dan ketahanan dinding.



Gambar 3. 6 Pemakaian Cat

4. Kesimpulan Dan Saran

a. Kesimpulan

1. Rembesan yang terjadi di antara dinding penahan tanah dan dinding rumah cluster disebabkan oleh tekanan air yang tinggi di dalam tanah, yang terus-menerus mendorong air menuju celah atau pori-pori dinding. Tekanan ini semakin meningkat terutama saat musim hujan atau ketika terjadi penumpukan air akibat kurangnya sistem drainase yang optimal di area tersebut. Ketidaksempurnaan dalam sistem drainase, seperti kurangnya saluran pembuangan yang efektif atau tersumbatnya jalur aliran air, membuat air tidak dapat mengalir dengan lancar sehingga menyebabkan genangan yang akhirnya meresap ke dalam struktur bangunan. Jika tidak segera ditangani, kondisi ini dapat memperburuk kerusakan pada dinding dan mengurangi ketahanan bangunan terhadap kelembapan dan air.
2. Cara paling efektif untuk mengatasi permasalahan rembesan ini adalah dengan melakukan perbaikan menyeluruh pada sistem drainase agar air dapat dialirkan dengan lancar dan tidak menggenang di sekitar dinding penahan tanah. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan memasang pipa pembuangan yang berfungsi untuk mengalirkan air tanah ke saluran pembuangan utama, sehingga dapat mengurangi tekanan air yang berlebih di sekitar dinding. Selain itu, pemasangan plastik cor di permukaan dinding juga menjadi solusi penting untuk menciptakan lapisan kedap air yang mampu menahan kelembapan serta mencegah air merembes ke dalam bangunan. Untuk meningkatkan daya tahan dinding terhadap rembesan air, material dinding yang semula menggunakan hebel diganti dengan bata merah, yang memiliki kepadatan lebih tinggi dan lebih tahan terhadap penyerapan air. Dengan kombinasi metode ini, struktur bangunan akan menjadi lebih kokoh, sistem drainase akan bekerja lebih optimal, dan risiko rembesan di masa mendatang dapat diminimalkan.

b. Saran

Evaluasi terhadap sistem drainase perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa aliran air dapat mengalir dengan baik tanpa menyebabkan genangan atau peningkatan tekanan hidrostatik pada dinding penahan tanah. Jika ditemukan indikasi bahwa sistem drainase tidak berfungsi secara optimal, maka beberapa langkah perbaikan dapat dilakukan, seperti peningkatan kapasitas pipa subdrain, penggunaan material filter yang lebih baik seperti geotekstil untuk menghindari penyumbatan, serta pengaturan ulang kemiringan drainase agar air dapat mengalir lebih lancar ke saluran pembuangan utama. Selain itu, pemanfaatan sumur resapan atau saluran air tambahan di sekitar area konstruksi dapat menjadi solusi untuk mengurangi akumulasi air tanah yang berlebihan. Dengan perancangan ulang yang lebih matang, sistem drainase yang lebih efektif akan membantu mengurangi risiko rembesan dan memperpanjang umur layanan dinding penahan tanah serta bangunan di sekitarnya.

Referensi

- [1] Ahmad, R., & Kusuma, H. (2022). *Analisis Sistem Drainase pada Dinding Penahan Tanah untuk Mengurangi Tekanan Hidrostatik*. **Jurnal Teknik Sipil Indonesia**, 10(2), 45-57.
- [2] Ardiansyah, F., & Setiawan, B. (2021). *Efektivitas Penerapan Material Waterproofing dalam Mencegah Kebocoran pada Dinding Penahan Tanah*. **Jurnal Konstruksi Berkelanjutan**, 15(1), 120-134.
- [3] Budiman, A., & Hidayat, R. (2023). *Pengaruh Tekanan Hidrostatik terhadap Stabilitas Dinding Penahan Tanah*. **Jurnal Infrastruktur dan Konstruksi**, 18(3), 67-82.

- [4] Chandra, Y., & Santoso, P. (2020). *Penerapan Geotekstil dalam Sistem Drainase pada Bangunan Berlereng Curam*. **Jurnal Geoteknik & Drainase**, 12(4), 89-102.
- [5] Darmawan, T., & Lestari, S. (2021). *Analisis Perbandingan Material Hebel dan Bata Merah terhadap Kelembapan Dinding Bangunan*. **Jurnal Material Konstruksi**, 8(2), 34-48.
- [6] Fadillah, N., & Prasetyo, M. (2022). *Optimasi Pemasangan Pipa Subdrain pada Dinding Penahan Tanah untuk Mengatasi Rembesan*. **Jurnal Teknik Sipil Terapan**, 7(3), 55-69.
- [7] Gunawan, W., & Rahmat, S. (2019). *Metode Grouting untuk Memperbaiki Struktur Dinding Penahan Tanah yang Mengalami Infiltrasi Air*. **Jurnal Struktur & Geoteknik**, 13(1), 75-88.
- [8] Hadi, S., & Wibowo, J. (2020). *Penerapan Plastik Cor sebagai Lapisan kedap Air pada Dinding Bangunan*. **Jurnal Rekayasa Konstruksi**, 14(2), 90-103.
- [9] Ismail, R., & Wijaya, A. (2021). *Analisis Pemakaian Sealant Waterproofing pada Struktur Bangunan untuk Mencegah Kebocoran Air*. **Jurnal Teknik Bangunan**, 11(3), 60-74.
- [10] Junaidi, M., & Saputra, T. (2022). *Evaluasi Sistem Drainase di Perumahan Berkontur Curam sebagai Upaya Pengendalian Air Tanah*. **Jurnal Teknik Hidrologi dan Drainase**, 9(2), 110-124.
- [11] Kurniawan, F., & Taufik, R. (2023). *Studi Efektivitas Cat Waterproofing dalam Mengurangi Dampak Rembesan pada Bangunan Beton*. **Jurnal Teknologi Bangunan**, 16(4), 78-92.
- [12] Lestari, D., & Gunawan, A. (2020). *Dampak Kelembapan Berlebih terhadap Struktur Bangunan dan Solusi Pencegahannya*. **Jurnal Teknik Struktur & Arsitektur**, 10(1), 130-145.
- [13] Mulyadi, T., & Suryanto, H. (2021). *Desain Dinding Penahan Tanah dengan Sistem Drainase Aktif untuk Mengurangi Tekanan Air Tanah*. **Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan**, 17(3), 55-69.
- [14] Pratama, D., & Rahardjo, W. (2022). *Studi Eksperimental Pengaruh Kombinasi Subdrain dan Injuk dalam Mengurangi Rembesan pada Dinding Penahan Tanah*. **Jurnal Geoteknik & Konstruksi**, 15(2), 85-99.
- [15] Syahputra, R., & Fajar, A. (2023). *Analisis Kinerja Material Drainase untuk Pengendalian Air Tanah di Perumahan Cluster Berlereng Curam*. **Jurnal Infrastruktur Perkotaan**, 20(1), 98-113.