

METODE PELAKSANAAN *RECTIFICATION SECANT PILE* (*LEAKAGE, BULGING, AND HONEYCOMB*) DALAM KONSTRUKSI BASEMENT METODE SEMI *TOP-DOWN*

Rakhan Dhawry Pradhana¹, Muhammad Hamzah Fansuri²

^{1,2}Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Kawasan IPSC Sentul Bogor

*newrakhanprd@gmail.com*¹, *fansurimh.ridu@gmail.com*²

Abstrak

Penelitian ini membahas metode *rectification* secant pile pada pekerjaan *basement* dengan metode semi *top-down*, yang diterapkan untuk mengatasi kerusakan yang muncul selama proses konstruksi. Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi jenis dan distribusi kerusakan, yang meliputi rembesan air (*leakage*), pembengkakan (*bulging*), dan keropos beton (*honeycomb*). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa *leakage* merupakan kerusakan dominan dengan persentase 56,877%, diikuti *bulging* sebesar 33,086% dan *honeycomb* sebesar 10,037%. Berdasarkan temuan tersebut, disusun alur *rectification* yang mencakup proses observasi, pencatatan kerusakan, serta pelaksanaan perbaikan sesuai karakteristik masing-masing *defect*. Perbaikan *leakage* dilakukan melalui kombinasi mortar plug dan injeksi polyurethane (PU), sementara *bulging* ditangani melalui pembobokan dan pengikisan tonjolan. *Honeycomb* diperbaiki melalui pembersihan area keropos dan aplikasi mortar perbaikan. Evaluasi hasil menunjukkan bahwa seluruh jenis perbaikan berhasil meningkatkan kualitas permukaan dan kedekatan secant pile sehingga memenuhi standar yang dipersyaratkan. Penelitian ini memberikan gambaran sistematis mengenai metode perbaikan secant pile pada konstruksi *basement* dan dapat menjadi referensi untuk implementasi di proyek sejenis.

Kata Kunci: *Secant Pile, Rectification, Leakage, Bulging, Honeycomb*

Abstract

This study examines the rectification method for secant pile walls in basement construction using the semi top-down method, focusing on the mitigation of defects that occur during excavation. Field observations were conducted to identify the types and distribution of defects, including water leakage, bulging, and concrete honeycombing. The inspection results showed that leakage was the most dominant defect at 56.877%, followed by bulging at 33.086% and honeycomb at 10.037%. Based on these findings, a rectification workflow was developed consisting of observation, defect documentation, and repair execution tailored to each defect type. Leakage repairs were performed using a combination of mortar plugs and polyurethane (PU) injection, while bulging was corrected through controlled chipping and trimming. Honeycomb defects were addressed through surface cleaning and the application of repair mortar. The evaluation results indicated that the rectification work successfully restored the watertightness and surface integrity of the secant pile walls, ensuring compliance with project quality standards. This study provides a systematic overview of secant pile repair methods and offers practical insight for implementation in similar urban basement construction projects.

Keywords: *Secant Pile, Rectification, Leakage, Bulging, Honeycomb*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan ruang di kawasan perkotaan padat seperti Jakarta menyebabkan pembangunan gedung bertingkat semakin sering memanfaatkan ruang bawah tanah dalam bentuk *basement* [1]. *Basement* berfungsi sebagai area parkir, utilitas, dan ruang servis sehingga membutuhkan metode konstruksi yang aman dan efisien pada kondisi lahan terbatas [2]. Metode pelaksanaan *basement* yang umum digunakan adalah metode *bottom-up*, yaitu proses konstruksi yang diawali dengan penggalian hingga mencapai elevasi dasar kemudian dilanjutkan dengan pembangunan

struktur ke atas [3]. Metode ini menghasilkan galian yang besar dan memerlukan area kerja luas sehingga kurang sesuai untuk proyek yang terletak di kawasan urban dengan ruang terbatas.

Metode *top-down* diterapkan sebagai alternatif untuk mengurangi volume galian yang terbuka serta memperkecil kebutuhan ruang kerja [4]. Metode ini memungkinkan pekerjaan struktur atas dan *basement* berjalan secara bersamaan sehingga meningkatkan efisiensi waktu pada area padat. Namun, kondisi tanah yang lunak dan muka air tanah tinggi di Jakarta tetap menimbulkan risiko ketidakstabilan tanah apabila kedua pekerjaan tersebut dilakukan bersamaan. Kondisi ini

membuat penerapan metode *top-down* penuh kurang optimal untuk lokasi dengan karakteristik tanah yang sensitif terhadap deformasi.

Metode semi *top-down* menjadi solusi yang lebih aman dan stabil untuk kondisi tersebut. Pada metode ini, pekerjaan basement diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan struktur atas dilanjutkan, sehingga pengawasan mutu tetap optimal [5]. Kehadiran *passive berm* memberikan dukungan lateral alami pada dinding galian sehingga kebutuhan penggunaan *steel strut* atau *ground anchor* dapat berkurang, serta proses galian dapat berlangsung lebih cepat [6]. Dengan keunggulan tersebut, metode semi *top-down* banyak digunakan pada proyek galian dalam di kawasan perkotaan padat.

Sistem penahan tanah memiliki peran penting dalam mendukung keberhasilan metode semi *top-down* karena struktur ini bekerja menahan tekanan tanah dan air tanah selama proses pelaksanaan. Berbagai jenis sistem seperti sheet pile, soldier pile, diaphragm wall, dan secant pile digunakan sesuai karakteristik lokasi [7], [8]. Pada kondisi tanah lunak dan muka air tanah yang tinggi, secant pile menjadi pilihan yang paling sesuai karena memberikan kedekatan air serta kestabilan lateral yang baik [9], [10]. Secant pile terbukti memiliki kapasitas struktural yang mampu menahan kombinasi beban lateral dan aksial, dengan karakteristik deformasi yang dipengaruhi oleh rasio kedalaman penetrasi serta kepadatan tanah di sekitarnya [11]. Studi kasus pada proyek galian dalam juga menunjukkan bahwa respons deformasi dinding secant pile berkembang secara non-linear seiring tahapan konstruksi, sehingga kontrol mutu pelaksanaan menjadi faktor yang sangat krusial [12]. Sistem ini mendukung pelaksanaan konstruksi basement yang aman dan efisien pada kawasan urban dengan risiko geoteknik tinggi.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, pelaksanaan secant pile pada proyek ini menghadapi beberapa kendala teknis, seperti rembesan air (*leakage*), pembengkakan (*bulging*), dan keropos beton (*honeycomb*). Permasalahan tersebut terjadi akibat deviasi

pengeboran, mutu pengecoran yang kurang optimal, serta pengawasan mutu yang belum maksimal selama pelaksanaan. Kerusakan ini menurunkan fungsi struktural dan hidrolis secant pile sehingga menghambat kelancaran pekerjaan basement dan meningkatkan risiko ketidakstabilan galian. Situasi tersebut menunjukkan perlunya kajian mengenai pelaksanaan *rectification* pada secant pile dalam metode semi *top-down*. Proses *rectification* diperlukan untuk memulihkan performa secant pile melalui metode perbaikan seperti *grouting*, *chipping*, dan *recasting* sebagaimana diatur dalam SNI 2847:2019. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tahapan *rectification* yang dilakukan pada secant pile serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mengatasi kerusakan yang muncul pada pekerjaan basement dengan metode semi *top-down*.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif melalui teknik observasi lapangan dan dokumentasi. Pendekatan deskriptif kualitatif digunakan untuk menggambarkan proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi secara sistematis berdasarkan kondisi aktual di lapangan [13]. Penelitian dilakukan dengan memusatkan perhatian pada tahapan pelaksanaan proses *rectification* secant pile melalui pengamatan langsung dan pengumpulan data pendukung.

A. Tahap Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur yang mencakup referensi mengenai konstruksi basement, metode semi *top-down*, sistem secant pile, serta teknik perbaikan kerusakan beton. Studi literatur dilakukan melalui jurnal ilmiah, standar nasional, dan dokumen teknis proyek. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data primer melalui observasi lapangan pada pekerjaan secant pile dan proses *rectification*, termasuk dokumentasi setiap tahapan pekerjaan. Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan proses pengolahan dan penyusunan data untuk menghasilkan uraian

metode *rectification* yang runtut dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada salah satu proyek pembangunan gedung bertingkat dengan penerapan metode semi *top-down* yang berlokasi di Jakarta Pusat. Proyek ini menggunakan sistem secant pile sebagai dinding penahan tanah utama sehingga menjadi objek pengamatan untuk proses *rectification* yang dilakukan pada elemen tersebut. Pengumpulan data dilakukan selama 2 bulan, yaitu 24 juli 2025 hingga 24 september 2025.

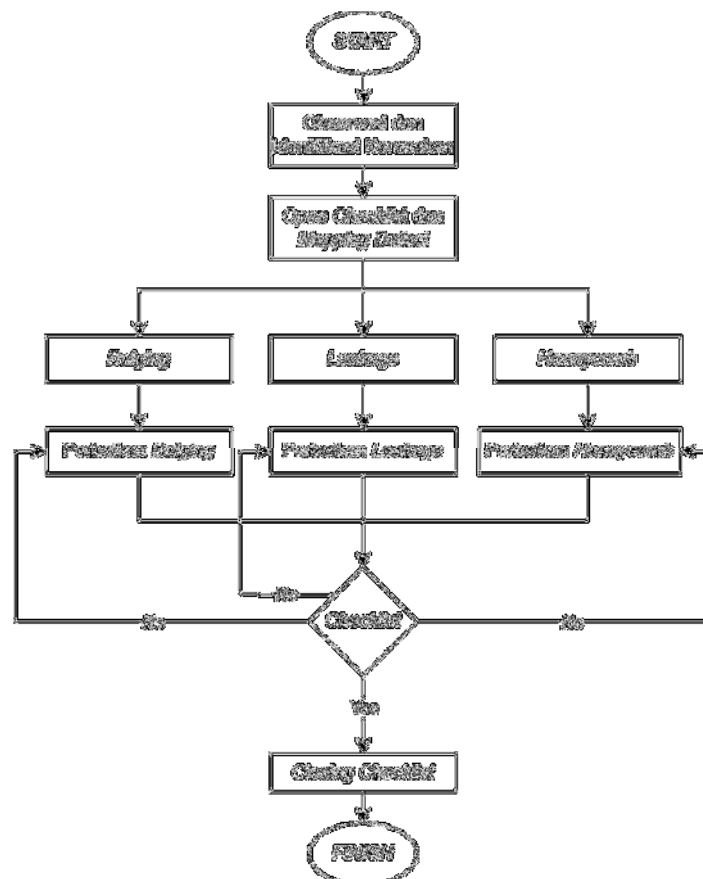
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Flowchart Pekerjaan Rectification

Pelaksanaan *rectification* pada dinding secant pile dilakukan secara sistematis melalui tahapan kerja yang telah ditetapkan. Proses

diawali dengan observasi lapangan untuk mengidentifikasi jenis dan tingkat keparahan kerusakan pada dinding secant pile. Temuan tersebut kemudian dicatat melalui *open checklist* dan dipetakan dalam bentuk *mapping defect* sebagai dasar penentuan metode perbaikan yang tepat.

Setiap jenis kerusakan seperti *leakage*, *bulging*, dan *honeycomb* ditangani menggunakan prosedur perbaikan yang berbeda sesuai karakteristik kerusakannya. Setelah pekerjaan perbaikan selesai, dilakukan *checklist* ulang untuk memastikan mutu hasil pekerjaan telah sesuai standar. Apabila masih terdapat ketidaksesuaian, pekerjaan dikembalikan ke tahap perbaikan hingga dinyatakan memenuhi persyaratan melalui *closing checklist*. Secara keseluruhan, alur pelaksanaan pekerjaan *rectification* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Rectification Secant Pile

B. Observasi, Identifikasi, dan Mapping

Observasi lapangan dilakukan pada dinding secant pile yang berfungsi sebagai sistem penahan tanah pada konstruksi *basement* dengan metode semi *top-down*. Pemeriksaan visual dilakukan setelah galian mencapai elevasi kerja sehingga kondisi permukaan *primary* dan *secondary pile* dapat diamati secara menyeluruh. Pada tahap ini terlihat variasi kondisi permukaan dinding, seperti ketidakraturan hasil pengeboran, variasi kualitas beton, dan indikasi awal kerusakan yang membutuhkan perbaikan. Kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Kondisi Secant Pile pada Basement

Hasil observasi kemudian dicatat melalui lembar *open checklist* untuk mengidentifikasi jenis kerusakan yang muncul, meliputi rembesan air (*leakage*), deformasi lokal berupa *bulging*, serta keropos beton atau *honeycomb*. Setiap temuan dihitung jumlahnya untuk mengetahui proporsi kerusakan yang terjadi

pada area kerja, sehingga prioritas perbaikan dapat ditetapkan berdasarkan tingkat dominasi masing-masing *defect*. Proporsi kerusakan tersebut disajikan pada Tabel 1.

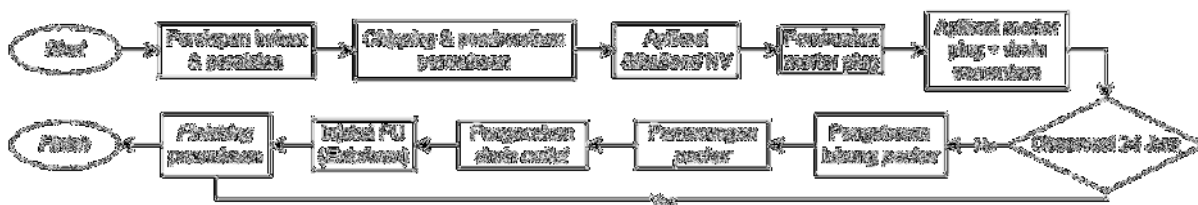
Tabel 1 Proporsi Jenis Kerusakan Secant Pile

Jenis Kerusakan	Jumlah Kerusakan	Persentase (%)
<i>Leakage</i>	153	56.877
<i>Bulging</i>	89	33.086
<i>Honeycomb</i>	27	10.037

Proses identifikasi dan *mapping* dilakukan untuk memastikan setiap kerusakan tercatat secara sistematis. Informasi yang diperoleh dari pencatatan tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan metode *rectification* yang paling sesuai untuk setiap jenis kerusakan. Dengan demikian, seluruh tahapan perbaikan dapat disusun secara terarah sesuai tingkat keparahan dan kebutuhan penanganan pada dinding secant pile.

C. Metode Perbaikan Leakage

Leakage merupakan jenis kerusakan paling dominan pada secant pile, yaitu 56.877% dari total kerusakan berdasarkan hasil identifikasi. Rembesan ini terjadi pada sambungan antara *primary* dan *secondary pile* akibat *overlap* yang tidak sempurna, mutu beton yang kurang optimal, serta tekanan air tanah yang tinggi. Kondisi ini menjadikan penanganan leakage sebagai prioritas utama dalam proses *rectification*. Bagan alir proses perbaikan leakage ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Bagan Alir Perbaikan Leakage

Perbaikan *leakage* dilakukan pada titik rembesan yang terlihat pada permukaan dinding secant pile secara visual maupun diraba. Rembesan dapat terlihat sebagai aliran atau tetesan air yang keluar dari celah beton atau

sambungan pile. Contoh kondisi *leakage* di lapangan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 *Leakage* pada Secant Pile

Proses perbaikan diawali dengan pembersihan area kerusakan untuk memastikan permukaan beton bebas dari tanah, lempung, dan material lepas. Pekerja melakukan *chipping* ringan menggunakan bor atau pahat, kemudian menyikat dan membilas permukaan hingga bersih untuk memastikan bahan perbaikan dapat melekat dengan baik. Setelah itu, permukaan diolesi primer bonding SikaBond NV yang berfungsi meningkatkan daya lekat antara beton lama dan material perbaikan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Pengaplikasian SikaBond NV

Tahap berikutnya adalah pembuatan mortar plug awal menggunakan campuran semen dan SikaGrout 215 dengan perbandingan 1:2, kemudian ditambahkan SikaSet Accelerator secukupnya hingga mencapai konsistensi plastis. Campuran yang homogen diaplikasikan pada celah rembesan untuk mengurangi aliran air sementara, kemudian dipasang selang plastik kecil sebagai drain sementara. Selang ini berfungsi saluran keluarnya air saat proses injeksi agar pengisian rongga berjalan optimal. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 6.

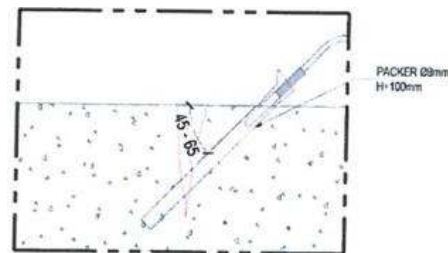


Gambar 6 Pemasangan Saluran Drainase & Mortar

Pemantauan dilakukan untuk melihat apakah mortar plug mampu menghentikan rembesan. Jika rembesan berkurang namun belum sepenuhnya hilang, area tersebut masuk ke tahap injeksi polyurethane. Lubang packer kemudian dibor secara bertahap dengan pola zig-zag atau vertikal pada jarak 15–20 cm, dengan kedalaman sekitar 30 cm. Proses pengeboran ditunjukkan pada Gambar 7. Lubang yang telah selesai dibor dibersihkan lalu dipasang packer dan dikencangkan menggunakan *T-wrench*. Pemasangan packer ditunjukkan pada Gambar 8.



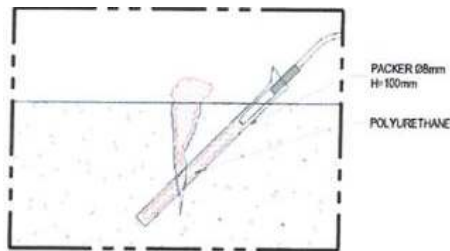
Gambar 7 Drilling Crack Area



Gambar 8 Packer Insertion

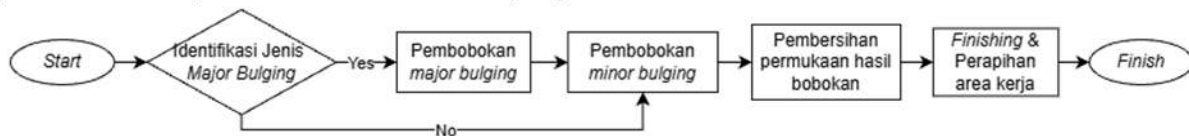
Tahap injeksi dilakukan menggunakan polyurethane berbahan Estofom PU300 melalui packer pada tekanan rendah yang dinaikkan secara bertahap. Metode injeksi berbasis polimer, khususnya polyurethane resin, telah banyak digunakan pada struktur bawah tanah karena memiliki kemampuan ekspansi,

penetrasi celah mikro, serta ketahanan terhadap lingkungan lembab dan tekanan air tanah [14]. Material PU mulai mengisi rongga beton hingga terlihat keluar melalui selang drain sebagai tanda bahwa jalur rongga telah terisi. Tekanan dijaga agar tidak berlebihan untuk menghindari kerusakan tambahan pada beton. Proses injeksi ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Injection Process

Setelah material *curing*, packer dilepas dan permukaan dirapikan kembali. Sisa PU yang



Gambar 10 Bagan Alir Perbaikan Bulging

Perbaikan *bulging* ditujukan untuk mengembalikan kelurusan dinding sehingga memenuhi toleransi dan aman bagi pekerjaan lanjutan seperti pemasangan *waterproofing*. Setelah alur kerja ditetapkan, proses perbaikan dimulai dari pemeriksaan lapangan untuk mengidentifikasi apakah tonjolan termasuk kategori major atau minor. Contoh kerusakan *bulging* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Bulging pada Secant Pile

mengeras dibersihkan menggunakan pahat kecil atau sikat baja hingga permukaan rata dan siap untuk pemeriksaan ulang. Hasil perbaikan kemudian dicek melalui *closing checklist* untuk memastikan area telah kedap air dan sesuai standar mutu pekerjaan.

D. Metode Perbaikan Bulging

Pembengkakan pada dinding secant pile (*bulging*) merupakan jenis kerusakan terbesar kedua dengan proporsi 33.086% dari total titik kerusakan berdasarkan Tabel 1. Kondisi ini muncul akibat tekanan tanah lateral, mutu beton yang tidak seragam, atau ketidaktepatan pengecoran yang menyebabkan bagian dinding menonjol keluar. Untuk memberikan gambaran umum mengenai urutan penanganannya, alur perbaikan *bulging* ditunjukkan terlebih dahulu pada Gambar 10.

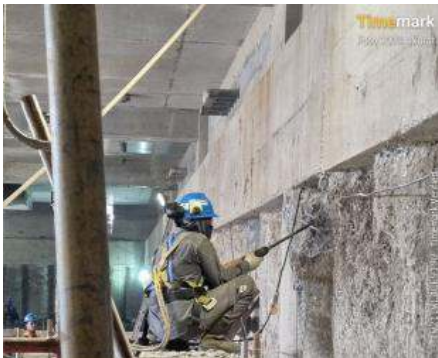
Penanganan major *bulging* dilakukan dengan pembobokan beton menggunakan bor berdimensi pendek yang bekerja seperti pahat. Beton yang menonjol diambil secara bertahap hingga mencapai permukaan yang padat dan tidak lagi menunjukkan deformasi berlebih. Proses pembobokan major ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Pembobokan Major Bulging

Perbaikan pada tonjolan kategori minor *bulging* dilakukan dengan menggunakan bor

rotary bermata panjang untuk mengikis bagian yang menonjol tanpa menghilangkan terlalu banyak material. Proses pengikisan dilakukan secara perlahan dan merata agar kontur asli dinding tetap terjaga, khususnya pada tonjolan dengan ketebalan kurang dari ± 2 cm. Ilustrasi penanganan minor *bulging* ini ditunjukkan pada Gambar 13.

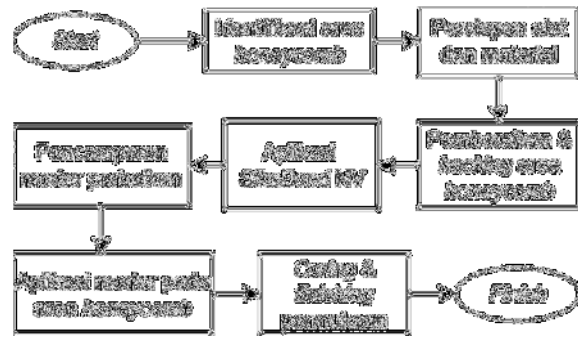


Gambar 13 Pembobokan Minor *Bulging*

Setelah proses pembobokan selesai, permukaan dibersihkan menggunakan sikat kawat dan air untuk menghilangkan sisa debu dan potongan beton. Pembersihan dilakukan sampai seluruh area benar-benar bebas material lepas agar tidak mengganggu tahapan *finishing* berikutnya. Kemudian dilanjutkan pemeriksaan lanjutan.

E. Metode Perbaikan *Honeycomb*

Kerusakan *honeycomb* pada dinding secant pile memiliki proporsi 10.037% dari total titik kerusakan berdasarkan hasil identifikasi lapangan. *Honeycomb* umumnya muncul sebagai rongga atau pori besar akibat beton tidak terpadatkan dengan baik saat pengecoran. Perbaikan *honeycomb* umumnya dilakukan dengan metode chipping dan recasting menggunakan mortar atau material berbasis polimer yang memiliki daya lekat tinggi serta ketahanan terhadap penetrasi air [15]. Sebelum menjelaskan tahapan perbaikannya, alur ringkas proses penanganan *honeycomb* ditampilkan terlebih dahulu pada Gambar 14.



Gambar 14 Bagan Alir Perbaikan *Honeycomb*

Kerusakan *honeycomb* yang ditemukan di lapangan termasuk kategori ringan, ditandai dengan kedalaman rongga kurang dari 100 mm dan tidak memperlihatkan tulangan. Contoh kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 15, yang memperlihatkan permukaan beton keropos sebagai indikasi utama *honeycomb*. Kondisi tersebut memerlukan perbaikan untuk mengembalikan kepadatan dan keutuhan permukaan beton sehingga dinding secant pile tetap berfungsi optimal.



Gambar 15 *Honeycomb* pada Secant Pile

Proses perbaikan *honeycomb* pada dasarnya mengikuti prinsip yang serupa dengan perbaikan *leakage*, namun lebih sederhana karena tidak memerlukan pemasangan drain atau injeksi polyurethane. Perbaikan dimulai dengan pembersihan area *honeycomb* menggunakan pahat atau bor kecil untuk menghilangkan beton lemah dan material lepas. Tahapan ini bertujuan membuka rongga yang masih kosong agar dapat diisi kembali dengan mortar perbaikan secara optimal.

Setelah area bersih, permukaan diberi SikaBond NV sebagai primer bonding untuk

meningkatkan daya rekat mortar terhadap beton eksisting. Mortar kemudian disiapkan menggunakan campuran semen dan SikaGrout 215 dengan perbandingan 1:2, lalu ditambahkan SikaSet accelerator secukupnya hingga mencapai konsistensi plastis. Campuran ini digunakan untuk menutup rongga *honeycomb* secara bertahap hingga seluruh permukaan kembali rata dan padat. Tahapan aplikasi primer bonding dan mortar ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16 Pengaplikasian SikaBond pada *Honeycomb*



Gambar 17 Pengaplikasian Mortar pada *Honeycomb*

Tahap akhir terdiri dari perataan permukaan dan pemeriksaan ulang untuk memastikan tidak ada rongga tersisa setelah mortar mengeras. Apabila ditemukan kekurangan, area diperbaiki kembali pada lapisan berikutnya hingga permukaan dinding homogen. Proses *curing* dilakukan minimal 24 jam agar mortar mengikat sempurna dan mencapai kekuatan optimal.

F. Perbaikan Multi Defect

Pada beberapa kondisi lapangan, satu titik secant pile dapat mengalami lebih dari satu jenis kerusakan secara bersamaan, seperti

kombinasi *honeycomb-leakage*, *bulging-honeycomb*, *bulging-leakage*, maupun gabungan ketiganya. Keberadaan *multidefect* tersebut memerlukan perhatian khusus karena setiap jenis kerusakan memiliki sifat dan metode penanganan yang berbeda. Oleh karena itu, urutan kerja perbaikan harus direncanakan dengan cermat agar proses pada satu area tidak menimbulkan gangguan pada area lainnya dan hasil akhir tetap memenuhi persyaratan kekuatan serta kinerja dinding secant pile.

Berdasarkan diskusi di lapangan, *honeycomb* dan *leakage* merupakan jenis kerusakan yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap integritas beton dan tingkat kedap air pada secant pile. Namun pada kasus *multi-defect* yang melibatkan *bulging*, penanganan *bulging* perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mencegah potensi kerusakan ulang pada area *honeycomb* maupun titik *leakage* akibat tekanan dan getaran dari peralatan perbaikan. Setelah kontur dinding kembali stabil melalui proses perbaikan *bulging*, tahapan berikutnya adalah perbaikan *honeycomb* untuk memastikan pemadatan beton yang optimal. Langkah terakhir dilakukan pada area *leakage* melalui metode injeksi sehingga elemen dinding kembali kedap air sesuai standar yang ditetapkan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Skema Urutan Perbaikan *Multi-Defect*

G. Evaluasi Hasil Rectification

Evaluasi dilakukan setelah seluruh proses perbaikan pada dinding secant pile selesai, meliputi pekerjaan *leakage*, *bulging*, dan *honeycomb*. Tahap ini bertujuan memastikan setiap titik kerusakan telah diperbaiki sesuai standar mutu dan fungsi kedap air. Pemeriksaan dilakukan setelah material injeksi, mortar, maupun beton perbaikan mengalami curing minimal 24 jam. Setiap titik yang diperbaiki didokumentasikan dalam bentuk foto sebelum dan sesudah perbaikan. Dokumentasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Dokumentasi *Before After Rectification* Secant Pile

Jenis Kerusakan	Before Rectification	After Rectification
<i>Leakage</i>		
<i>Bulging</i>		
<i>Honeycomb</i>		

Seluruh hasil perbaikan diperiksa bersama oleh supervisor dan konsultan pengawas melalui tahap *closing checklist*. Titik yang memenuhi standar kualitas diberi tanda “OK” menggunakan cat semprot pada tubuh secant pile sebagai bukti bahwa pekerjaan disetujui dan tidak memerlukan perbaikan tambahan. Dokumentasi hasil akhir ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19 *Closing Checklist* Perbaikan

Penerapan prosedur *rectification* yang terstruktur memberikan dampak efisiensi terhadap pelaksanaan pekerjaan *basement*. Dengan adanya alur identifikasi dan urutan penanganan *multi-defect* yang sistematis, potensi pekerjaan ulang dapat diminimalkan sehingga tidak terjadi perbaikan berulang pada titik yang sama. Selain itu, penanganan *leakage* secara dini mempercepat kesiapan pekerjaan pengecoran struktur berikutnya. Secara sederhana, pendekatan ini meningkatkan kelancaran tahapan konstruksi dibandingkan apabila perbaikan dilakukan tanpa prosedur yang terencana.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas proses pelaksanaan *rectification* pada dinding secant pile dalam konstruksi *basement* dengan metode semi *top-down* berdasarkan hasil observasi lapangan dan dokumentasi teknis. Dari hasil identifikasi, terdapat tiga jenis kerusakan utama pada dinding secant pile, yaitu *leakage*, *bulging*, dan *honeycomb*, dengan proporsi masing-masing 56.877%, 33.086%, dan 10.037%. Dominasi kerusakan *leakage* menunjukkan bahwa sambungan antara primary dan secondary pile merupakan area paling rentan terhadap rembesan, terutama pada kondisi tanah dengan tekanan air tinggi.

Proses *rectification* dilakukan melalui tahapan yang sistematis dimulai dari observasi, pencatatan *defect*, dan penentuan metode perbaikan sesuai karakteristik kerusakan. *Leakage* diperbaiki melalui kombinasi pembersihan, aplikasi mortar plug, dan injeksi polyurethane (PU) menggunakan packer untuk memulihkan kedapatan air. *Bulging* ditangani melalui pembobokan bertahap sesuai tingkat deformasi untuk mengembalikan kelurusan dinding, sedangkan *honeycomb* diperbaiki dengan pembersihan rongga dan pengisian mortar untuk memulihkan kepadatan permukaan beton. Pada kasus *multi-defect*, urutan perbaikan disusun agar tidak menimbulkan kerusakan ulang, yakni diawali dengan *bulging*, dilanjutkan *honeycomb*, dan diakhiri perbaikan *leakage*.

Temuan ini sejalan dengan penelitian dalam lima tahun terakhir yang menunjukkan bahwa kinerja *secant pile* pada galian dalam dipengaruhi oleh

respons deformasi lateral, kekakuan tanah, serta pengendalian mutu selama tahapan konstruksi [11], [12]. Studi-studi tersebut menegaskan bahwa ketidaksempurnaan pelaksanaan dapat berkembang secara progresif apabila tidak dilakukan tindakan korektif secara tepat. Dengan demikian, *rectification* yang sistematis menjadi bagian penting dalam menjaga stabilitas dan integritas struktural sistem penahan tanah pada konstruksi *basement*.

Secara keseluruhan, metode *rectification* yang diterapkan terbukti mampu mengembalikan fungsi struktural dan hidrolis secant pile sesuai standar mutu. Proses evaluasi melalui *closing checklist* menunjukkan bahwa seluruh titik kerusakan yang diperbaiki telah memenuhi persyaratan kelayakan dan siap mendukung pekerjaan *basement* berikutnya. Temuan ini menegaskan bahwa *rectification* merupakan tahap krusial dalam menjamin keberlanjutan dan keamanan konstruksi basement dengan metode semi *top-down*, terutama pada proyek yang menghadapi kondisi tanah lunak dan tekanan air tanah tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan selama proses penyusunan penelitian ini. Apresiasi juga diberikan kepada tim pelaksana proyek yang telah memberikan izin, dukungan teknis, serta kesempatan untuk melakukan observasi lapangan pada pekerjaan secant pile. Dukungan dan kerja sama yang diberikan sangat membantu dalam proses pengumpulan data dan penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Wangsadiputra and D. J. Sekarsari, "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Waktu pada Pekerjaan Basement Gedung Bertingkat Semi Top-Down," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 3, no. 4, pp. 1335–1348, Nov. 2020.
- [2] C. Wijaya, A. Iskandar, and D. A. Prihatiningsih, "Analisis Dinding Diafragma Pada Konstruksi Basement di Jakarta dengan menggunakan Program Elemen Hingga 3

- Dimensi,” *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 479–486, May 2020.
- [3] S. T. Manggolo, Antonius, and K. Wibowo, “Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Metode Konstruksi *Top-Down* Dan *Bottom-Up* pada Pekerjaan *Basement* Gedung Tentrem Semarang,” *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, vol. 28, no. 2, Jul. 2023.
- [4] P. Yuono, “Perbandingan Metode *Top-Down* Dan *Bottom-Up* pada Konstruksi *Basement* Ditinjau dari Segi Waktu dan Biaya,” *JURNAL REKATS UNS*, vol. 9, no. Vol. 9 No. 2 (2021), Jun. 2021.
- [5] L. Setiawan and J. S. Tamtana, “Analisis Percepatan Durasi Pekerjaan *Basement* Semi *Top Down* dengan Metode *Time Cost Trade Off*,” *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 143–154, Feb. 2020.
- [6] C. Vimala, P. V. S. R. Prasad, and M. K. Annam, “Behavior of Diaphragm Wall in Semi *Top-Down* Construction Method: A Case Study,” in *Proceedings of Indian Geotechnical Conference*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, Feb. 2023, pp. 313–321. doi: 10.1007/978-981-19-7245-4_28.
- [7] M. Kho Ying Fan *et al.*, “The Effect of Sheet Pile Used for Temporary Work Structure for Excavation Purposes,” *Semarak International Journal of Civil and Structural Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 1–21, Feb. 2025, doi: 10.37934/sijcse.4.1.121.
- [8] Moh. Z. A. Irbadhsyah, S. N. Faizah, A. K. Somantri, H. Kasyanto, and A. Febriansya, “Analisis Stabilitas Galian Dalam dengan *Soldier Pile* pada Perencanaan New Pendopo Tonny Soewandito Politeknik Negeri Bandung,” in *Prosiding the 16th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung: IRWNS, Jul. 2025.
- [9] Silvianengsih, M. Misriani, M. Natalia, G. Ihdini, and J. Fadila, “Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Dinding Penahan Tanah *Secant Pile* dengan *Diaphragm Wall* pada Proyek Revitalisasi Taman Ismail Marzuki,” *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, vol. 11, no. 2, pp. 102–111, Dec. 2023, doi: 10.33019/fropil.v11i2.5021.
- [10] F. M. Siddiqui, V. J. Kumaran, and T. Haarhoff, “Analysis and Design of Circular Shafts Using Secant Pile Wall as Temporary Support and Permanent Lining,” *Tunnelling into a Sustainable Future – Methods and Technologies*, pp. 3581–3588, May 2025, doi: 10.1201/9781003559047-456.
- [11] A. M. Basha, M. H. Zakaria, M. T. El-Nimr, and M. M. Abo-Raya, “Performance Analysis of Axially Loaded Secant Pile Wall Embedded in Sand: An Experimental Investigation,” *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 48, no. 10, pp. 13005–13029, Oct. 2023, doi: 10.1007/s13369-023-07657-4.
- [12] E. Panagiotis, I. Rocchi, F. Petrella, E. Paulatto, and V. Zania, “Deformation Behaviour of Secant Pile Walls in Layered Soil–Rock Profiles: Lessons Learned from Deep Excavations in Copenhagen,” *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 43, no. 2, Feb. 2025, doi: 10.1007/s10706-025-03076-4.
- [13] A. Rachman, Yochanan, A. I. Samanlangi, and H. Purnomo, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Pertama. Karawang: Saba Jaya Publisher, 2024.
- [14] L. Qin, D. Kou, X. Jiang, S. Yang, N. Hou, and F. Huang, “Research Progress on Polyurethane-Based Grouting Materials: Modification Technologies, Performance Characterization, and Engineering Applications,” Sep. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/polym17172313.
- [15] S. I. Haruna, Y. E. Ibrahim, and A. Al-shawafi, “Evaluation of Bond Strength of Concrete Repaired Using Polyurethane Grout Material under Static and Impact Loads Coupled with Statistical Analysis,” *Polymers (Basel)*, vol. 16, no. 19, Oct. 2024, doi: 10.3390/polym16192729.