



Scripta Technica: Journal of Engineering and Applied Technology

Vol 2 No 1 June 2026, Hal. 135-144
ISSN:3110-0775(Print) ISSN: 3109-9696(Electronic)
Open Access: <https://scriptainteleteknika.com/scripta-technica>

Perencanaan Ulang Struktur Bawah Gedung dengan Fondasi Tiang Pancang: Studi Kasus Proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang III JTGRSN21-03

Abimanyu Wahyu P.S.P.^{1*}, Adi Prasetyo Pambudi², Soedarsono³, Lisa Fitriyana⁴

¹⁻⁴ Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Indonesia

email: adipambudi.eng@gmail.com¹

Article Info :

Received:
13-01-2026
Revised:
21-02-2026
Accepted:
24-02-2026

Abstract

Pile foundations play an important role in ensuring the stability of multi storey buildings subjected to axial loads, lateral loads, and moments. In the Batang III Industrial Worker Housing Project (JTGRSN21-03), the original foundation system used bored piles. This study redesigns the foundation into spun piles with a diameter of 0.80 m and a length of 12 m under the same soil conditions and loads. The research methodology was conducted through analysis of three foundation joints. Axial bearing capacity was evaluated using the Meyerhof method, resulting in a tip resistance of 946.00 kN, skin friction resistance of 2,970.37 kN, ultimate bearing capacity of 3,916.37 kN, and allowable bearing capacity of 1,305.46 kN. Lateral bearing capacity was analyzed using the Broms method with an allowable capacity of 162.0 kN. Group pile bearing capacity was determined using the Converse Labarre method. Settlement analysis using the Vesic method showed a single pile settlement of 22.69 mm and group settlements of 50.2 mm at joint 599, 41.8 mm at joint 628, and 21.0 mm at joint 371. Plaxis analysis produced smaller settlements of 13.94 mm, 13.44 mm, and 9.19 mm. The pile cap and shear wall design is considered safe.

Keywords: *Bearing Capacity, Foundation, Settlement, Pile Cap, Redesign.*

Abstrak

Fondasi tiang berperan penting dalam menjamin kestabilan bangunan bertingkat yang menerima beban aksial, lateral, dan momen. Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang III (JTGRSN21-03), fondasi awal menggunakan bored pile. Penelitian ini melakukan redesign fondasi menjadi spun pile berdiameter 0,80 m dan panjang 12 m dengan kondisi tanah serta pembebanan yang sama. Metodologi penelitian dilakukan melalui analisis pada tiga joint fondasi. Daya dukung aksial dianalisis menggunakan metode Meyerhof dengan hasil daya dukung ujung 946,00 kN, daya dukung selimut 2.970,37 kN, daya dukung ultimit 3.916,37 kN, dan daya dukung izin 1.305,46 kN. Daya dukung lateral dianalisis menggunakan metode Broms dengan kapasitas lateral izin sebesar 162,0 kN. Daya dukung kelompok dianalisis menggunakan metode Converse Labarre Metode Converse Labarre menghasilkan daya dukung izin kelompok sebesar 7.990,0 kN (3×3), 3.916,0 kN (2×2), dan 1.305,46 kN (1×1) dan aman. Hasil analisis penurunan metode Vesic menunjukkan penurunan tiang tunggal sebesar 22,69 mm serta penurunan kelompok pada joint 599 sebesar 50,2 mm, joint 628 sebesar 41,8 mm, dan joint 371 sebesar 21,0 mm. Analisis Plaxis menghasilkan penurunan yang lebih kecil, yaitu masing-masing sebesar 13,94 mm, 13,44 mm, dan 9,19 mm. Perencanaan pile cap dan shearwall memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 dan dinyatakan aman.

Kata kunci: *Daya Dukung, Fondasi, Penurunan, Pile Cap, Redesign.*



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Perkembangan global dalam rekayasa struktur bangunan bertingkat menunjukkan pergeseran signifikan menuju pendekatan desain yang adaptif terhadap kondisi tanah, risiko gempa, serta tuntutan efisiensi material dan konstruksi, di mana fondasi dalam seperti tiang pancang semakin dipandang sebagai komponen strategis dalam menjamin kinerja struktur jangka panjang. Literatur internasional menekankan bahwa ketidakpastian sifat tanah, interaksi tanah–struktur, serta peningkatan kompleksitas beban akibat urbanisasi mendorong kebutuhan evaluasi ulang desain fondasi pada proyek konstruksi aktual, bukan hanya pada tahap konseptual, karena kesalahan estimasi kapasitas dukung dan penurunan dapat berimplikasi langsung terhadap keselamatan dan keberlanjutan bangunan. Kerangka regulasi nasional Indonesia telah merespons dinamika ini melalui standar desain geoteknik, beton, dan ketahanan gempa yang semakin komprehensif, sehingga perencanaan fondasi tidak lagi dapat

dipisahkan dari integrasi ketiga aspek tersebut dalam satu sistem analitis yang terpadu (Badan Standardisasi Nasional, 2017; Badan Standardisasi Nasional, 2019a; Badan Standardisasi Nasional, 2019b).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa praktik perencanaan ulang struktur bawah seringkali dilakukan untuk menyesuaikan perubahan kondisi proyek, optimalisasi biaya, atau peningkatan kinerja struktural, namun pendekatan yang digunakan masih beragam dalam hal kedalaman analisis geoteknik dan validasi numerik. Studi mengenai redesign fondasi pada bangunan pendidikan maupun fasilitas kesehatan memperlihatkan bahwa perubahan jenis tiang dapat meningkatkan efisiensi konstruksi sekaligus mempertahankan keamanan struktur, meskipun keberhasilan tersebut sangat dipengaruhi ketepatan evaluasi daya dukung dan deformasi tanah (Akbar, 2023; Majid et al., 2023). Penelitian lain menegaskan bahwa integrasi metode analisis modern seperti BIM dan simulasi numerik memungkinkan evaluasi ulang struktur secara lebih komprehensif, namun implementasinya pada struktur bawah masih terbatas dibandingkan pada struktur atas, sehingga potensi analisis interaksi tanah struktur belum sepenuhnya dimanfaatkan (Castrawan et al., 2025; Sinaga et al., 2025).

Sejumlah penelitian yang berfokus pada redesign struktur bangunan di berbagai sektor menunjukkan kecenderungan metodologis yang kuat pada analisis elemen struktur atas, sementara evaluasi mendalam terhadap sistem fondasi sering diperlakukan sebagai verifikasi akhir, bukan sebagai variabel desain utama. Hal ini tampak pada studi redesign struktur baja maupun struktur komposit yang lebih menekankan optimasi elemen rangka dibandingkan respons geoteknik fondasi, sehingga hubungan sebab-akibat antara perubahan sistem struktur dan kebutuhan kapasitas fondasi belum dibahas secara memadai (Widjajana et al., 2024; Indasari, 2023). Bahkan pada studi yang secara khusus meninjau fondasi bored pile di fasilitas bandara, fokus analisis masih dominan pada kesesuaian dimensi terhadap beban tanpa mengeksplorasi alternatif sistem fondasi yang berpotensi lebih efisien secara konstruktif (Widianto et al., 2025).

Keterbatasan literatur tersebut memperlihatkan adanya celah konseptual dalam memahami redesign fondasi sebagai proses optimasi sistem struktural secara menyeluruh, bukan sekadar substitusi tipe tiang berdasarkan kapasitas dukung nominal. Ketika perubahan fondasi tidak diikuti evaluasi simultan terhadap penurunan, perilaku kelompok tiang, serta interaksi dengan elemen struktur atas seperti pile cap dan dinding geser, maka desain yang dihasilkan berisiko hanya memenuhi syarat kekuatan tanpa menjamin performa layanan jangka panjang. Dalam pembangunan hunian vertikal bagi pekerja industri yang umumnya berada pada wilayah dengan karakter tanah heterogen dan tuntutan efisiensi tinggi, kebutuhan akan pendekatan redesign fondasi berbasis analisis geoteknik komprehensif menjadi semakin mendesak secara praktis maupun ilmiah. Riset ini menempatkan diri pada persimpangan antara rekayasa geoteknik, analisis struktur beton bertulang, dan evaluasi kinerja fondasi kelompok, dengan menekankan bahwa redesign fondasi harus dipahami sebagai proses integratif yang mempertimbangkan kapasitas dukung, deformasi, stabilitas lateral, serta kesesuaian terhadap standar nasional secara simultan.

Posisi penelitian ini tidak hanya memperluas kajian redesign struktur bawah yang selama ini tersebar dalam studi kasus terpisah, tetapi juga menawarkan pendekatan analitis yang menggabungkan metode empiris klasik, verifikasi numerik, dan evaluasi komponen struktur pendukung dalam satu kerangka desain yang koheren, sehingga mampu menjawab kebutuhan praktik konstruksi yang semakin kompleks. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan perencanaan ulang fondasi bored pile menjadi tiang pancang pada proyek rumah susun pekerja industri melalui evaluasi daya dukung aksial dan lateral, perilaku kelompok tiang, serta penurunan fondasi dengan pendekatan analitis dan numerik terpadu, sekaligus menilai kesesuaian elemen pile cap dan struktur pendukung terhadap ketentuan desain nasional. Kontribusi penelitian diharapkan memperkuat landasan teoretis mengenai optimasi sistem fondasi dalam konteks redesign struktur bawah, sekaligus menawarkan kerangka metodologis yang dapat direplikasi pada proyek konstruksi serupa yang menghadapi ketidakpastian kondisi tanah dan tuntutan efisiensi konstruksi tinggi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini disusun sebagai rangkaian analisis rekayasa struktur dan geoteknik yang dimulai dari pemodelan struktur atas hingga evaluasi kinerja fondasi secara komprehensif. Tahap awal dilakukan melalui pemodelan tiga dimensi struktur gedung menggunakan perangkat lunak ETABS untuk memperoleh reaksi perletakan berupa gaya aksial, geser, dan momen pada titik-titik fondasi

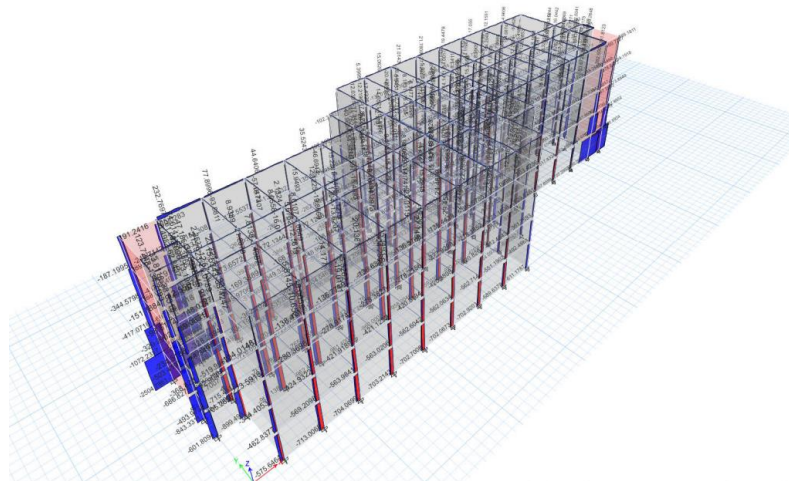
representatif, khususnya pada lokasi di bawah elemen dinding geser sebagai penyalur utama beban lateral dan gravitasi. Reaksi tersebut selanjutnya menjadi input dalam perencanaan fondasi tiang pancang tipe spun pile, di mana kapasitas aksial dihitung secara manual berbasis data penyelidikan tanah (SPT, CPT, borlog, muka air tanah) menggunakan pendekatan empiris mekanika tanah, sementara kapasitas lateral dianalisis melalui parameter tekanan tanah pasif, kekakuan tiang, serta klasifikasi panjang tiang. Analisis dilanjutkan dengan evaluasi kelompok tiang dan distribusi beban menuju pile cap berdasarkan prinsip keseimbangan gaya dan efisiensi kelompok, kemudian desain pile cap ditinjau terhadap kekuatan lentur, geser satu arah, dan punching sesuai ketentuan beton struktural nasional (Widjajana et al., 2024).

Tahap berikutnya menitikberatkan pada evaluasi deformasi dan penurunan fondasi melalui perhitungan manual menggunakan metode elastis Vesic untuk tiang tunggal maupun kelompok, yang mempertimbangkan kontribusi tahanan ujung, gesekan selimut, serta interaksi tanah–struktur pada rakit ekuivalen. Untuk meningkatkan reliabilitas hasil, seluruh perhitungan analitis diverifikasi menggunakan pemodelan numerik berbasis elemen hingga pada perangkat lunak PLAXIS, sehingga interaksi tanah–fondasi, deformasi, dan distribusi tegangan dapat dibandingkan secara objektif terhadap hasil manual. Prosedur penelitian dirancang secara sistematis mulai dari pengolahan data tanah, analisis perilaku shearwall sebagai sumber beban utama, ekstraksi reaksi struktur, perhitungan kapasitas fondasi spun pile, hingga validasi numerik, sehingga menghasilkan rancangan fondasi yang terukur, dapat diuji ulang, serta memenuhi persyaratan keselamatan dan stabilitas konstruksi bangunan bertingkat (BSN, 2017; BSN, 2019).

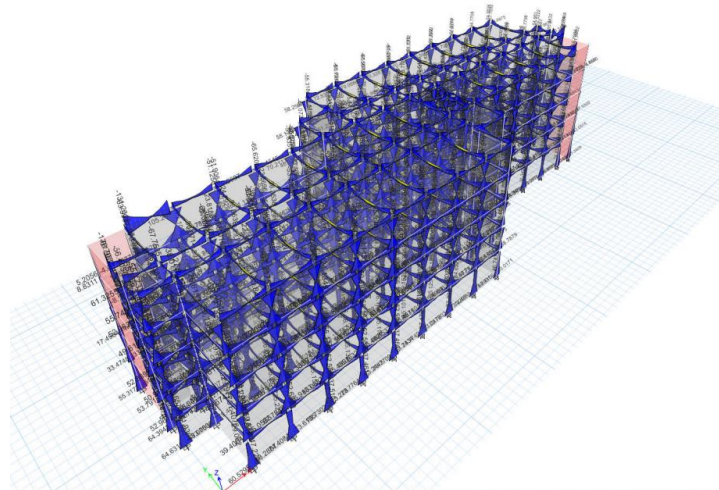
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis perencanaan ulang fondasi dalam pada proyek Rumah Susun Pekerja Industri Batang III. Sistem fondasi eksisting berupa bored pile dirancang ulang menjadi spun pile dengan mempertimbangkan kesesuaian kondisi tanah, beban struktur, serta efisiensi konstruksi. Analisis dilakukan melalui tahapan pemodelan struktur atas menggunakan ETABS, perhitungan kapasitas tiang tunggal, analisis lateral, evaluasi kelompok tiang, serta verifikasi stabilitas penurunan fondasi. Pendekatan perhitungan kapasitas aksial mengacu pada metode Meyerhof yang mempertimbangkan kontribusi tahanan ujung dan selimut, sedangkan analisis lateral menggunakan metode Broms untuk tiang panjang pada tanah non-kohefif. Evaluasi kelompok tiang menggunakan efisiensi Converse-Labarre, serta analisis penurunan menggunakan metode Vesic dan simulasi numerik. Pendekatan ini lazim digunakan dalam desain fondasi dalam pada tanah granular karena memberikan estimasi realistis terhadap perilaku tiang di lapangan (Meyerhof, 1976; Bowles, 1996).

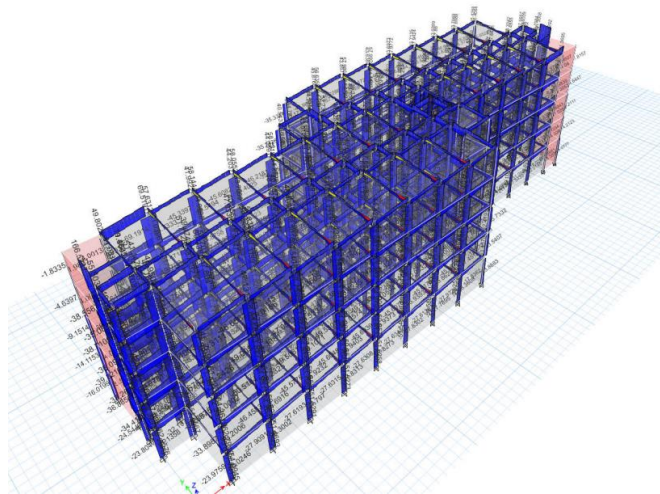
Hasil Pemodelan Struktur Atas



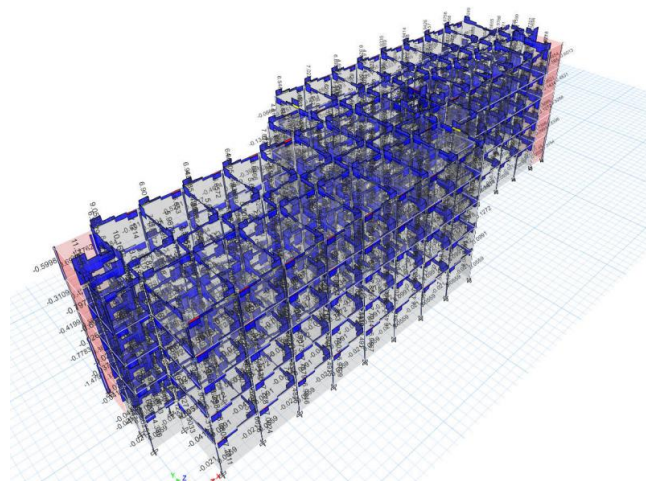
Gambar 1. Axial Force pada Struktur ETABS 2020



Gambar 2. Moment pada Struktur ETABS 2020



Gambar 3. Shear Force pada Struktur ETABS 2020



Gambar 4. Torsion pada Struktur ETABS 2020

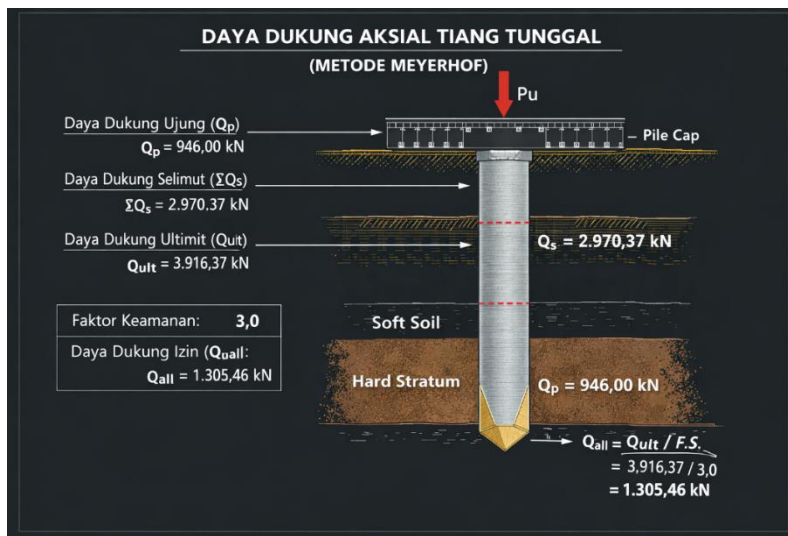
Pemodelan struktur menghasilkan reaksi perletakan yang menjadi beban rencana fondasi. Tiga joint representatif dipilih untuk mewakili kondisi beban maksimum, sedang, dan minimum.

Tabel 1. Rekapitulasi Reaksi Perletakan

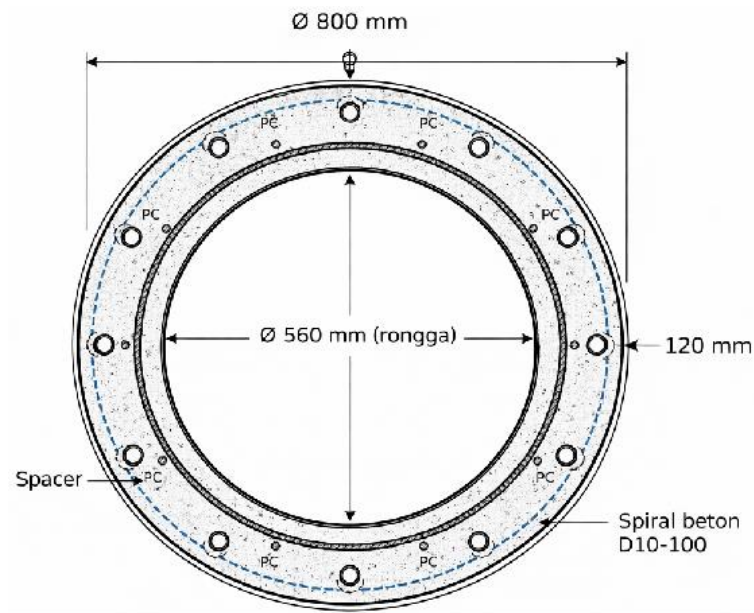
Joint	Kategori Beban	Fz (kN)
599	Beban terbesar	7.937,64
628	Beban sedang	3.860,07
371	Beban terkecil	553,71

Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi beban struktur relatif terpusat pada area inti bangunan, sehingga diperlukan konfigurasi kelompok tiang pada zona tersebut. Reaksi ini selanjutnya menjadi dasar evaluasi kapasitas aksial kelompok tiang.

Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal (Metode Meyerhof)



Gambar 5. Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Mayerhoff



Gambar 6. Detail Spun Pile

Tabel 2. Rekapitulasi Mayerhof

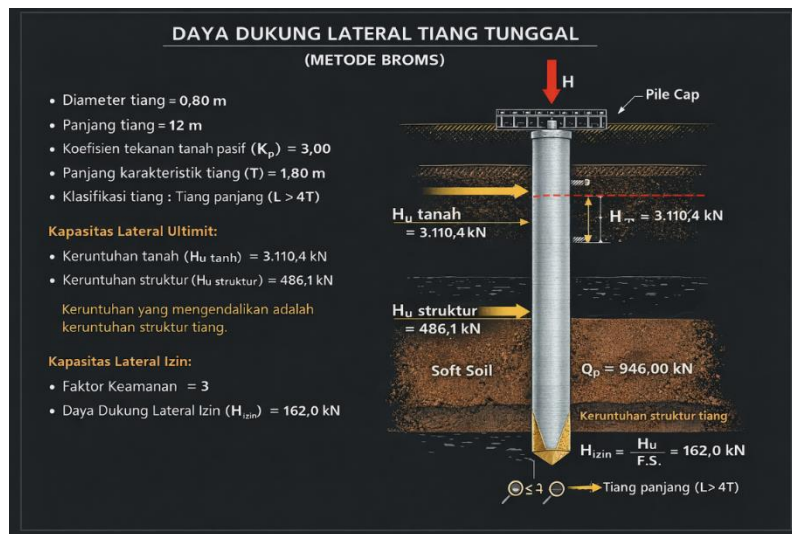
Komponen Perhitungan	Nilai
Diameter tiang (m)	0,80
Panjang tiang (m)	12
Daya dukung ujung, Q_p (kN)	946,00
Daya dukung selimut efektif, ΣQ_s (kN)	2.970,37
Daya dukung ultimit, Q_{ult} (kN)	3.916,37
Faktor keamanan	3
Daya dukung izin, Q_{all} (kN)	1.305,46

Nilai Q_{all} menunjukkan bahwa spun pile $\varnothing 0,8$ m memiliki kapasitas lebih besar dibanding bored pile eksisting $\varnothing 0,5$ m. Hal ini sesuai teori bahwa tiang pancang meningkatkan kepadatan tanah sekitar akibat proses pemancangan sehingga meningkatkan tahanan selimut (Meyerhof, 1976). Secara teknis, peningkatan diameter tiang memberikan pengaruh signifikan terhadap luas ujung dan keliling tiang, yang secara langsung meningkatkan daya dukung aksial.

Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal (Metode Broms)

Tabel 3. Rekapitulasi Metode Broms

Parameter	Nilai
Diameter tiang	0,80 m
Panjang tiang	12 m
K_p	3,00
T	1,80 m
Klasifikasi tiang	Tiang panjang
H_u (tanah)	3.110,4 kN
H_u (struktur)	486,1 kN
H_u pengendali	486,1 kN
Hizin	162,0 kN



Gambar 7. Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal Broms

Berdasarkan perhitungan daya dukung lateral tiang tunggal menggunakan metode Broms, diperoleh bahwa tiang spun pile dengan panjang 12 m tergolong sebagai tiang panjang. Keruntuhan yang mengendalikan adalah keruntuhan struktur tiang, dengan daya dukung lateral iizin sebesar 162,0 kN. Keruntuhan dikendalikan oleh kapasitas struktur tiang, bukan tanah. Fenomena ini umum terjadi pada tiang beton panjang di tanah granular, di mana kekuatan lentur tiang menjadi batas desain (Broms, 1964). Dengan demikian, kapasitas lateral desain ditentukan oleh ketahanan struktur tiang, sehingga detail tulangan dan mutu beton menjadi faktor penting dalam desain akhir.

Daya Dukung Kelompok Tiang (Metode Converse Labarre)

Berdasarkan hasil evaluasi daya dukung kelompok tiang, Joint 599 yang mewakili kategori beban besar menggunakan konfigurasi 3×3 dengan jumlah 9 tiang dan efisiensi kelompok sebesar 0,68. Daya dukung iizin kelompok sebesar 7.989,4 kN lebih besar dibandingkan beban aksial terfaktor sebesar 7.937,64 kN, sehingga konfigurasi fondasi pada joint ini dinyatakan aman. Kategori beban sedang, Joint 628 menggunakan konfigurasi 2×2 dengan jumlah 4 tiang dan efisiensi kelompok sebesar 0,76. Daya dukung iizin kelompok yang diperoleh sebesar 3.968,6 kN masih lebih besar daripada beban aksial terfaktor sebesar 3.860,07 kN, sehingga fondasi pada joint ini memenuhi persyaratan daya dukung dan dinyatakan aman. Sementara itu, Joint 371 sebagai representasi kategori beban kecil menggunakan satu tiang tunggal (1×1) dengan daya dukung iizin sebesar 1.305,46 kN. Beban aksial terfaktor sebesar 553,71 kN masih berada jauh di bawah kapasitas iizin tiang, sehingga fondasi pada joint ini dinyatakan aman. Penentuan konfigurasi tersebut didasarkan pada hasil perhitungan daya dukung iizin tiang tunggal metode Meyerhof dan efisiensi kelompok tiang metode Converse Labarre. Dengan demikian, sistem fondasi kelompok tiang yang direncanakan dinyatakan aman secara teknis dan layak digunakan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kelompok Tiang

Joint	Kategori	FZ (kN)	Konfigurasi	n	Eg	Qall,g (kN)	Status
599	J1 Terbesar	7.937,64	3 × 3	9	0,68	7.990,0	Aman
628	J2 Sedang	3.860,07	2 × 2	4	0,75	3.916,0	Aman
371	J3 Terkecil	553,71	1 × 1	1	1,00	1.305,46	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan 2025



Gambar 8. Daya Dukung Kelompok Tiang Tunggal Converse Labarre

Perencanaan Ulang Struktur Bawah Gedung dengan Fondasi Tiang Pancang (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang III JTGRSN21-03)

Perencanaan ulang fondasi dari bored pile menjadi spun pile menunjukkan perubahan signifikan pada mekanisme transfer beban dari struktur ke tanah. Spun pile yang dipasang dengan metode pemancangan menghasilkan pemadatan tanah di sekeliling tiang sehingga meningkatkan tahanan selimut dibandingkan bored pile. Peningkatan densitas tanah di sekitar tiang berkontribusi langsung terhadap kenaikan kapasitas aksial izin. Selain itu, diameter tiang yang lebih besar meningkatkan luas ujung dan keliling tiang sehingga memperbesar tahanan ujung dan gesekan selimut (Dirgananta, 2018). Kombinasi kedua faktor tersebut menjadikan spun pile lebih efisien dalam menahan beban vertikal struktur. Analisis kapasitas aksial menggunakan metode Meyerhof menunjukkan bahwa kontribusi gesekan selimut menjadi komponen dominan terhadap daya dukung total tiang. Hal ini sejalan dengan karakteristik tanah berlapis granular yang memberikan friksi efektif tinggi pada kedalaman tertentu. Nilai kapasitas izin yang diperoleh mampu menahan beban maksimum struktur dengan faktor keamanan yang memadai (Dewi & Fazila, 2025).

Kondisi ini menunjukkan bahwa desain ulang fondasi tidak hanya aman tetapi juga memberikan margin keselamatan tambahan. Secara teknis, desain tersebut memenuhi prinsip keseimbangan antara kekuatan tanah dan kapasitas struktur. Pada analisis lateral menggunakan metode Broms, perilaku tiang menunjukkan karakteristik tiang panjang dengan kontrol keruntuhan pada elemen struktur, bukan pada tanah. Hal ini terjadi karena kekuatan lentur beton bertulang pada tiang menjadi batas kapasitas terhadap gaya horizontal. Dengan demikian, penentuan mutu beton dan rasio tulangan longitudinal menjadi parameter penting dalam desain. Jika tulangan tidak memadai, kegagalan lentur dapat terjadi sebelum tanah mencapai kapasitas lateralnya. Oleh sebab itu, desain struktur tiang harus dipastikan konsisten dengan hasil analisis geoteknik. Evaluasi kelompok tiang menunjukkan bahwa interaksi tanah antar tiang menurunkan efisiensi kelompok dibandingkan kapasitas tiang tunggal. Meskipun demikian, konfigurasi kelompok yang direncanakan masih mampu menahan beban struktur dengan rasio keamanan yang cukup. Jarak antar tiang yang dipilih mempertahankan keseimbangan antara efisiensi kapasitas dan ukuran pile cap (Megananda, 2020).

Distribusi beban dari pile cap ke masing-masing tiang berlangsung relatif merata. Hal ini menandakan bahwa konfigurasi kelompok tiang telah direncanakan secara optimal. Analisis penurunan fondasi menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi masih berada dalam batas layanan bangunan bertingkat. Metode Vesic menghasilkan penurunan yang lebih besar dibandingkan simulasi numerik, namun masih dalam kisaran yang diizinkan. Perbedaan hasil tersebut disebabkan pendekatan manual yang cenderung konservatif dibandingkan analisis elemen hingga. Simulasi numerik memperhitungkan distribusi tegangan dan kekakuan tanah secara lebih realistis. Konsistensi kedua metode memperkuat validitas hasil desain fondasi. Dari sisi integrasi struktur, pile cap berperan sebagai elemen distribusi beban yang memastikan transfer gaya dari kolom dan shearwall ke kelompok tiang berlangsung stabil.

Desain pile cap yang memenuhi syarat geser satu arah, punching, dan lentur menunjukkan bahwa dimensi dan tulangan yang dipilih telah memadai. Interaksi antara pile cap dan kelompok tiang menghasilkan sistem fondasi yang kaku dan stabil terhadap beban vertikal maupun lateral. Stabilitas ini penting terutama pada bangunan bertingkat dengan elemen inti struktural. Oleh karena itu, keberhasilan redesign tidak hanya ditentukan kapasitas tiang tetapi juga oleh kinerja pile cap. Secara keseluruhan, perencanaan ulang fondasi menunjukkan bahwa penggunaan spun pile mampu meningkatkan kapasitas dukung, menjaga penurunan tetap terkendali, serta memberikan sistem fondasi yang lebih stabil. Pendekatan analitis yang dikombinasikan dengan verifikasi numerik memberikan keyakinan terhadap keandalan desain. Hasil ini mengindikasikan bahwa redesign fondasi dapat menjadi strategi optimasi struktural tanpa mengorbankan keselamatan bangunan. Implementasi desain ini juga berpotensi meningkatkan efisiensi konstruksi di lapangan. Dengan demikian, perencanaan ulang fondasi spun pile dinilai layak secara teknis dan struktural untuk diterapkan pada proyek bangunan bertingkat serupa.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perencanaan ulang fondasi menggunakan spun pile berdiameter 0,80 m dan panjang 12 m mampu memenuhi seluruh persyaratan teknis struktur bawah bangunan. Analisis daya dukung aksial metode Meyerhof menghasilkan kapasitas izin tiang tunggal sebesar 1.305,46 kN yang menjadi dasar penentuan jumlah tiang pada setiap titik fondasi, sementara analisis lateral metode Broms menunjukkan kapasitas izin 162,0 kN dengan keruntuhan dikendalikan oleh struktur tiang. Evaluasi kelompok tiang menggunakan metode Converse Labarre menunjukkan bahwa seluruh konfigurasi tiang (3×3, 2×2, dan 1×1) memiliki kapasitas yang lebih besar dari beban rencana sehingga dinyatakan aman. Analisis penurunan menggunakan metode Vesic menghasilkan penurunan maksimum 50,2 mm yang masih berada di bawah batas izin, sedangkan simulasi numerik Plaxis menunjukkan nilai penurunan lebih kecil akibat mempertimbangkan interaksi tanah–tiang secara lebih realistis.

Temuan ini menegaskan bahwa sistem fondasi hasil redesign mampu menahan beban vertikal dan lateral secara stabil. Selain itu, desain elemen struktur pendukung menunjukkan kinerja yang memadai terhadap beban rencana. Pile cap dengan tebal 0,64–0,75 m serta konfigurasi tulangan yang direncanakan memenuhi seluruh pemeriksaan lentur, geser satu arah, dan punching sesuai ketentuan standar beton struktural. Shearwall dengan tebal 300 mm juga terbukti aman terhadap beban aksial dan gaya geser, dengan tegangan tekan beton dan kapasitas geser masih berada dalam batas yang diizinkan. Keseluruhan hasil analisis memperlihatkan bahwa perencanaan ulang fondasi tidak hanya aman secara struktural, tetapi juga memberikan efisiensi dalam konfigurasi tiang dan dimensi elemen pendukung. Penggunaan spun pile pada proyek rumah susun yang ditinjau dapat dinyatakan layak secara teknis dan dapat menjadi alternatif desain fondasi pada bangunan bertingkat dengan kondisi tanah serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, W. O. S. N., & Machmoed, S. P. (2023). Perencanaan Ulang Struktur Hotel Ayblue Makassar 10 Tingkat Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 173-186. <https://doi.org/10.30742/Axial.V11i3.3391>
- Akbar, F. G. (2023). Perencanaan Ulang Struktur Bawah Gedung Dengan Pondasi Tiang Pancang (Redesign Lower Structur Of Building Using Pile)(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung A Rumah Sakit Pendidikan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Semarang).
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Sni 8460:2017 – Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Bsn.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Sni 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa*. Jakarta: Bsn.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Sni 2847:2019 – Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Bsn.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Sni 1727:2020 – Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung*. Jakarta: Bsn.
- Bentley Systems. (2022). *Plaxis 2d Reference Manual*. Delft: Bentley Systems International.
- Castrawan, R. P., Ma'abi, F. C., Setiabudi, B., & Nurdiana, A. (2025). Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran Menggunakan Metode Bim 5d. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*, 3(3), 148-159. <https://doi.org/10.14710/Pilars.3.3.2025.148-159>

- Csi Computers & Structures Inc. (2022). *Etabs Ultimate – Integrated Building Design Software*. Berkeley, California.
- Dewi, G. K., & Fazila, R. G. (2025). Perencanaan Ulang Berbasis Bim 5d Pada Struktur Gedung Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta Dengan Dual System. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*, 3(3), 174-185. <https://doi.org/10.14710/pilars.3.3.2025.174-185>
- Dirgananta, R. (2018). *Perbandingan Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Dan Tiang Bor Dengan Variasi Diameter*. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Dwitasari, A. (2018). *Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Meyerhof Dan Pemodelan Numerik Plaxis*. Tesis. Universitas Gadjah Mada.
- Indasari, D. P. A. (2023). *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Dengan Baja Komposit Menggunakan Sistem Penahan Gempa Bracing (Studi Perencanaan: Struktur Bawah)* (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Jasmanto, F. (2020). Perencanaan Ulang Struktur Atas Bangunan Kantor Dinas Pangan Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Teknologi*, 10(2). <https://doi.org/10.35134/jitekin.V10i2.20>
- Maghribi, M. A. I., Wiswamitra, K. A., & Widodo, J. (2022). Perencanaan Ulang Struktur Gedung Dengan Kombinasi Shear Wall Dan Outrigger System Apartemen Grand Shamaya Surabaya Tower Aubrey. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 174-182. <https://doi.org/10.31849/siklus.V8i2.9903>
- Majid, R. A., Zhafira, T., Umar, W. K., & Purwanto, P. (2023). Perencanaan Ulang Struktur Gedung Lima Lantai Asrama Haji Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Giratory Upgris*, 4(2), 126-132. <https://doi.org/10.26877/giratory.V4i2.18035>
- Megananda, S., & Indra, S. (2020). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Bawah Gedung Menggunakan Pondasi Bore Pile. *Sondir*, 4(1), 1-9.
- Pebriyanto, A., & Pudji, S. (2023). *Analisis Kapasitas Dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Gedung Bertingkat*. *Jurnal Teknik Sipil*, 30(2), 145–156.
- Seftina, N., Danurwinda, R. R. P., Setiabudi, B., & Nurdiana, A. (2025). Perencanaan Ulang Struktur Gedung Technopole Politeknik Manufaktur Bandung Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Menggunakan Konsep Bim 5d. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*, 3(2), 138-147. <https://doi.org/10.14710/pilars.3.2.2025.138-147>
- Sinaga, E. M., Haryono, F. W. L. A., Setiabudi, B., & Susanto, T. (2025). Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rsi Pku Muhammadiyah Pekalongan Berbasis Building Information Modelling (Bim) 5d. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*, 3(3), 160-173. <https://doi.org/10.14710/pilars.3.3.2025.160-173>
- Taufiqurrohman, M. (2023). *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Gedung B Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang Dengan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Mayerhoff Dan Metode Luciano Decourt (Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang, Jawa Tengah)* (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Widianto, B., Purwayudhaningsari, R., & Triyono, A. (2025, December). Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Bawah Gedung Catu Daya Dengan Pondasi Bore Pile Pada Bandar Udara Depati Parbo Kerinci Jambi. In *Prosiding Snitp (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)* (Vol. 9, No. 1).
- Widjajana, D. P., Purwayudhaningsari, R., & Triyono, A. (2024, December). Perencanaan Ulang Struktur Baja Gedung Kantor Administrasi Bandar Udara Sugimanuru Muna Barat. In *Prosiding Snitp (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)* (Vol. 8, No. 1, Pp. 74-85). <https://doi.org/10.46491/snitp.V8i1.1948>