

Contents list available at journal.uib.ac.id**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Analysis of The Micro Pile Casting Method Using The Jet Grouting Method in The RDMP JO Balikpapan Project

Analisa Metode Pengecoran Micro Pile dengan Metode Jet Grouting di Proyek RDMP JO Balikpapan

Dwi Wahyu Kuncoro¹, Ade Jaya Saputra²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam

Email korespondensi: dwiwahyu112001@gmail.com

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Micro pile Jet Grouting RDMP JO Balikpapan Daya Dukung Pondasi</p>	<p>Peningkatan daya dukung pondasi menjadi penting dalam proyek RDMP yang merupakan Proyek Strategis Nasional di Indonesia. Studi ini menganalisis pengecoran pondasi micro pile dengan metode Jet Grouting, alternatif grouting yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung pondasi. Penelitian melibatkan pemilihan lokasi, perencanaan, implementasi Jet Grouting, serta analisis daya dukung pondasi menggunakan metode Mayerhoff dan data SPT (Standard Penetration Test). Metode ini menginjeksi bahan grouting bertekanan tinggi ke dalam tanah, membentuk kolom solid yang mendukung infrastruktur kilang dan meningkatkan kekuatan tanah di sekitar pondasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan daya dukung pondasi dan kekuatan tanah, dengan hasil metode Mayerhoff sebesar 6.200,08 kN dan SPT sebesar 3.476,98 kN. Kesimpulannya, Jet Grouting berhasil meningkatkan daya dukung pondasi, menjadi metode inovatif dan efektif untuk tantangan geoteknik di proyek tertentu, memberikan wawasan baru bagi praktisi konstruksi tentang peningkatan daya dukung pondasi optimal di proyek RDMP.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>Micro pile Jet Grouting RDMP JO Balikpapan Bearing Capacity</p>	<p>The increase in foundation bearing capacity is crucial for the RDMP project, which is a National Strategic Project in Indonesia. This study analyzes the casting of micro pile foundations using the Jet Grouting method, an alternative grouting technique used to enhance foundation bearing capacity. The research involves site selection, planning, implementation of Jet Grouting, and analysis of foundation bearing capacity using the Mayerhoff method and Standard Penetration Test (SPT) data. This method injects high-pressure grouting material into the ground, forming solid columns that support refinery infrastructure and improve the soil strength around the foundation. The results show an increase in foundation bearing capacity and soil strength, with Mayerhoff method results of 6,200.08 kN and SPT results of 3,476.98 kN. In conclusion, Jet Grouting successfully improves foundation bearing capacity and becomes an innovative and effective method for geotechnical challenges in specific projects, providing new insights for construction practitioners on optimizing foundation bearing capacity in the RDMP project.</p>

1. Pendahuluan

Kota Balikpapan salah satu kota yang berada di provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis, terletak pada $1,0 \text{ LS}^\circ - 1,5 \text{ LS}^\circ$ dan $116,5 \text{ BT}^\circ - 117,5 \text{ BT}^\circ$. Balikpapan yang mempunyai salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) yaitu RDMP JO Balikpapan, untuk meningkatkan infrastruktur kilang guna menambah kapasitas hasil kilang. Keberhasilan proyek ini tergantung pada stabilitas dan daya dukung dari pondasi micro pile yang dibangun. Pondasi merupakan bagian struktur dari suatu konstruksi yang berada dibagian bawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban ke struktur atas. Micro pile termasuk jenis pondasi dalam, sama seperti dengan pondasi bore pile. Micro pile digunakan untuk tiang pondasi yang berdiameter antara 75 – 250 mm dan terbuat dari beton.

Penggunaan pondasi micro pile dipilih karena lokasi proyek yang merupakan lokasi perluasan dengan cara menimbun laut. Oleh karena itu, kondisi tanah lebih diperhatikan karena merupakan tanah timbunan. Micro pile menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan kekuatan tanah. Lingkup area proyek terdiri dari 2.463 titik micro pile. Pada penelitian ini berfokus tentang pengecoran yang dilakukan pada pondasi micro pile. Micro pile yang telah dibor, kemudian dilakukan pengecoran dengan metode grouting menggunakan teknik jet grouting. Micro pile yang telah selesai diharapkan dapat meningkatkan daya dukung pondasi. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi keefektifan metode jet grouting yang digunakan untuk memberikan solusi yang tepat terhadap tantangan geoteknik di RDMP. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis perlu melakukan analisa dan observasi. Serta dapat digunakan sebagai panduan bagi praktisi sipil jika menemukan proyek serupa.

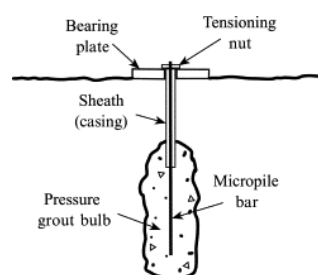
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pondasi Micro Pile

Micro pile pertama kali dikembangkan di Perancis. Dikenal juga dengan istilah mini pile atau root pile. Walaupun sekarang banyak pondasi konvensional lainnya dan lebih dikenal luas, micro pile lebih diunggulkan jika lokasinya berada di tempat yang sulit dijangkau. Micro pile mengandalkan kekuatan kelekatan antara tiang pondasi dan beton. Micro pile termasuk jenis pondasi dalam. Pengeboran pondasi micro pile hingga mencapai lapisan tanah keras. Micro pile merupakan pondasi dengan diameter kecil. Berikut beberapa definisi menurut para ahli :

- Weltman (1981), micro pile merupakan pondasi dengan diameter $<150 \text{ mm}$.
- Ir Indrasurya BM (1991), micro pile merupakan semua pondasi yang menggunakan pipa atau tiang dengan diameter 75 – 250 mm.
- Wirawan dan Fachmrozi (1999) yang telah melakukan penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa mini pile atau micro pile merupakan rekayasa dari tiang pancang yang dimodifikasi memiliki diameter yang kecil.

Untuk proyek RDMP ini, menggunakan micro pile dengan diameter 250 mm. Micro pile terdiri dari pipa – pipa yang sudah dibor dan beton.



Gambar 2.1 : Pondasi Micro Pile

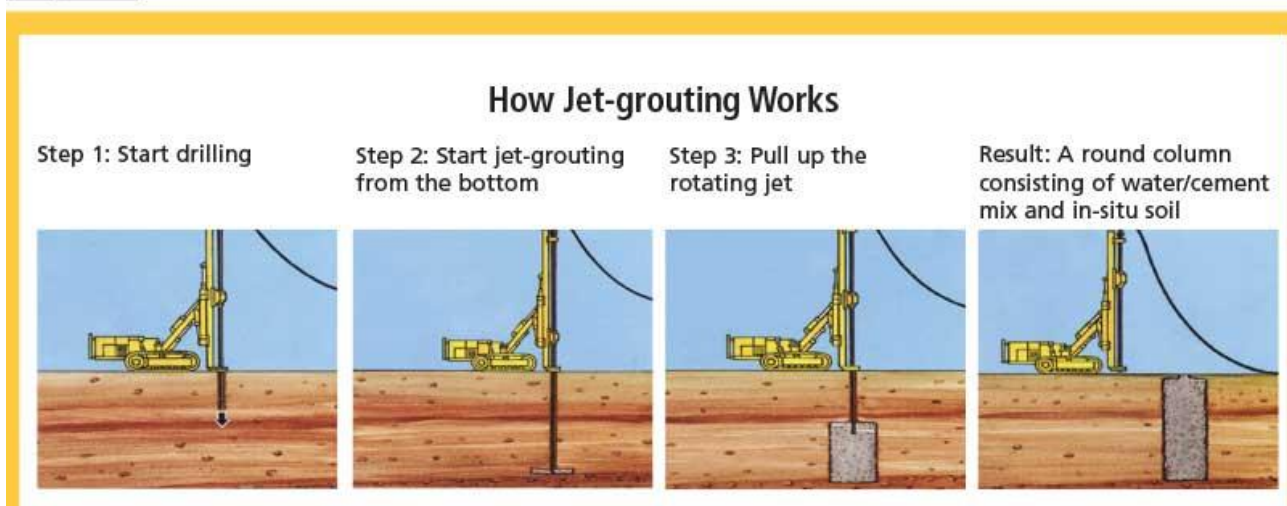
2.2 Grouting

Diartikan sebagai sebuah metode perbaikan kondisi tanah dengan cara memasukkan bahan kental ke dalam tanah dengan diberi tekanan yang akan mengisi lubang – lubang di dalam tanah. Kemudian material tersebut akan mengeras dan dapat memperkuat tanah. Grouting dapat diartikan sebagai metode perbaikan tanah. Grouting pertama kali digunakan oleh Charle Berigny (1802) yang mencampurkan tanah liat dan kapur dengan tujuan mencegah konsolidasi pada dinding di Pelabuhan Dieppe.

2.2.1 Jet Grouting

Jet grouting termasuk ke dalam metode grouting untuk perbaikan kekuatan tanah. Menurut Dwiyanto (2005), grouting adalah metode menyuntikkan semen ke dalam tanah (lubang) yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah dan memperkecil permeabilitas tanah, terutama tanah yang tidak stabil seperti tanah timbunan. Secara umum, grouting didefinisikan dengan mencampurkan bahan grout kemudian dimasukkan ke dalam tanah dengan tekanan tertentu. Sedangkan untuk definisi jet grouting adalah memasukkan bahan grout dengan tekanan yang tinggi ke dalam tanah. Pada proyek RDMP, grouting dikerjakan menggunakan 3 alat. Tekanan yang tinggi oleh material grout diubah menjadi kecepatan yang tinggi.

Figure 1



Gambar 2.2 : Metode Jet Grouting

2.3 Daya Dukung Pondasi

Peningkatan daya dukung mencakup pemahaman terkait karakteristik tanah dan geoteknik. Pemahaman tersebut dapat membantu untuk keberhasilan metode jet grouting seperti pada penelitian terdahulu tetapi dalam konteks ini untuk pondasi micro pile yang membutuhkan daya dukung khususnya pada lokasi kilang pertamina Balikpapan yang merupakan tanah timbunan dan bersebelahan dengan laut. Kapasitas daya dukung didapatkan dari jumlah perlawanan ujung tiang dengan selimut tiang.

$$Q_{ult} = Q_P + Q_S$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Keterangan :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung pondasi (kN)

Q_P = Kapasitas daya dukung ujung pondasi (kN)

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut pondasi (kN)

2.3.1 Kapasitas daya dukung metode Meyerhoff (1976)

Berikut rumus yang dapat digunakan untuk mencari daya dukung pondasi :

- Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = A_p \times c_u \times N_c$$

- Tahanan geser selimut tiang

$$Q_s = f_i \times L_i \times A_p$$

Keterangan :

Q_s = daya dukung selimut pondasi (kN)

Q_p = daya dukung ujung pondasi (kN)

A_p = luas tiang (m^2)

L_i = tebal lapisan tanah (m)

c_u = kohesi undrained (kN / m^2)

2.3.2 Kapasitas daya dukung dengan SPT (Standard Penetration Test)

- Daya dukung pada ujung tiang menggunakan perhitungan berikut :

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

nilai c_u didapatkan dari perhitungan berikut

$$c_u = NSPT \times \frac{2}{3} \times 10$$

- Kemudian untuk tahanan geser selimut tiang menggunakan perhitungan berikut :

$$Q_s = a \times c_u \times p \times L_i$$

Keterangan :

Q_p = daya dukung ujung pondasi (kN)

Q_s = daya dukung selimut pondasi (kN)

A_p = luas tiang (m^2)

c_u = kohesi undrained (kN / m^2)

p = keliling tiang (m)

L_i = tebal lapisan tanah (m)

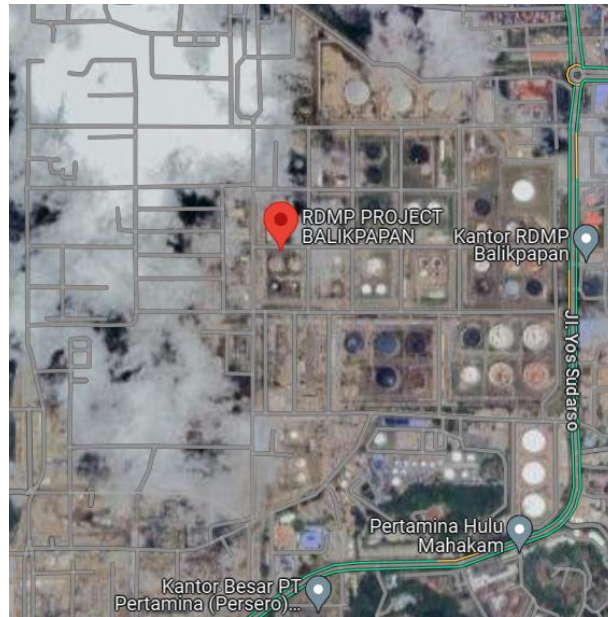
3. Metode Penelitian

3.1 Data umum proyek

Berikut beberapa data umum terkait proyek yang menjadi tempat penelitian penulis :

- Nama proyek : Micro pile RDMP RU V Balikpapan
- Lokasi proyek : Jalan Yos Sudarso, Balikpapan Tengah, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur
- Owner : Pertamina (PERSERO)
- Konsultan : PT Worleyparsons Indonesia
- Kontraktor : Hyundai Engineering Co. Ltd. (JO), PT PP Tbk (JO)

- Subkontraktor : PT. Pratama Widya Tbk



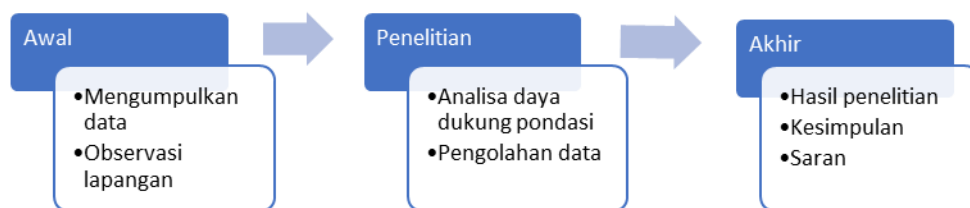
Gambar 3.1 : Lokasi Penelitian

3.2 Data Penelitian

Data penelitian yang dikumpulkan dibedakan menjadi 2, yaitu :

- a) Data Primer, data – data penelitian yang didapatkan secara langsung selama penelitian.
 - Kondisi area kerja.
 - Data tanah di lokasi penelitian.
 - Proses grouting
- b) Data Sekunder, data – data penelitian yang didapatkan secara tidak langsung pada penelitian.
 - Lokasi penelitian.
 - Metode jet grouting dari jurnal – jurnal yang ada.
 - Analisa daya dukung pondasi dari jurnal – jurnal internet.

3.3 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.3 : Diagram Alur Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan daya dukung pondasi micro pile

4.1.1 Data N-SPT

Saat menganalisa perhitungan daya dukung sebuah pondasi, membutuhkan data tanah dari lokasi pondasi yang dibangun. Berikut data tanah di lokasi RDMP JO Balikpapan yang tercantum pada laporan pengeboran :

Drill Report		Date : 21-Oct-2023		
Depth (m)	Lithology	Type Of Soil/Rocks	Time	Remark
0	LIGHT YELLOW SAND			
5				
10				
15	MOSTLY FINE GRANED SAND			
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				

Note : 

Gambar 4.1 : Data tanah

4.1.2 Kapasitas daya dukung metode Meyerhoff

Perhitungan daya dukung pondasi dengan menggunakan rumus *meyerhoff*

- Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = A_p \times c_\mu \times N_c$$

$$Q_p = 9,5181 \times 200 \times 9$$

$$Q_p = 17.132,58 \text{ ton}$$

$$Q_p = 17.132,58 \text{ kN}$$

- Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = f_i \times L_i \times A_p$$

$$Q_s = 110 \times 15 \times 9,5181$$

$$Q_s = 15.704,87 \text{ ton}$$

$$Q_s = 15.704,87 \text{ kN}$$

Kemudian, daya dukung tiang dapat dihitung menjadi :

$$Q_{ult} = Q_P + Q_S$$

$$Q_{ult} = 32.837,45$$

$$Q_{ult} = \frac{32.837,45}{3} = 10.945,82 \text{ kN}$$

Hail perhitungan daya dukung pondasi dengan metode Mayerhoff tercantum di tabel 4.1

4.1.3 Kapasitas daya dukung dengan SPT

- Kapasitas dukung ujung tiang

$$Q_P = 9 \times c_{\mu} \times A_p$$

$$c_{\mu} = NSPT \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$c_{\mu} = 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Jadi, $Q_P = 9 \times c_{\mu} \times A_p$

$$Q_P = 9 \times 200 \times 9,5181$$

$$Q_P = 17.132,58 \text{ ton}$$

$$Q_P = 17.132,58 \text{ kN}$$

- Kapasitas dukung selimut tiang

$$Q_S = a \times c_{\mu} \times p \times L_i$$

$$Q_S = 0,55 \times 200 \times 0,776 \times 15$$

$$Q_S = 1.280,4 \text{ ton}$$

$$Q_S = 1.280,4 \text{ kN}$$

Selanjutnya, perhitungan untuk daya dukung tiang

$$Q_{ult} = Q_P + Q_S$$

$$Q_{ult} = 18.412,98 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = \frac{18.412,98}{3} = 6.137,66 \text{ kN}$$

Perhitungan daya dukung pondasi menggunakan SPT tercantum dalam tabel 4.2

Tabel 4.1 : Perhitungan daya dukung pondasi dengan metode Meyerhoff

Panjang tiang	NSPT	c_{μ}	Faktor adhesi	As	A_p	f_i	Q_s	Q_p	Q_{ult}
0	0	0	0,55	0,776	9,5181	0	0	0	0
5	30	200	0,55	0,776	9,5181	110	15.704,87	17.132,58	10.945,82
10	24	160	0,55	0,776	9,5181	88	12.563,89	13.706,06	8.756,65
15	17	113,3	0,55	0,776	9,5181	62,3	8.894,66	9.705,6	6.200,08

Tabel 4.2 : Perhitungan daya dukung pondasi dengan SPT

Panjang tiang	NSPT	c_{μ}	As	A_p	Q_s	Q_p	Q_{ult}
0	0	0	0,776	9,5181	0	0	0
5	30	200	0,776	9,5181	1.280,4	17.132,58	6.137,66
10	24	160	0,776	9,5181	1.024,32	13.706,06	4.910,13
15	17	113,3	0,776	9,5181	725,35	9.705,6	3.476,98

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang diperoleh, berikut beberapa kesimpulan pada penelitian ini :

1. Analisa daya dukung pondasi pada penelitian ini menggunakan perhitungan manual dengan metode Mayerhoff dan SPT. Dengan hasil daya dukung metode Mayerhoff sebesar 6.200,08 kN dan hasil daya dukung dengan SPT sebesar 3.476,98 kN.
2. Pemilihan jenis pondasi dan metode grouting yang tepat menjadi tantangan tersendiri di dunia konstruksi.

5.2 Saran

1. Semua analisa yang dilakukan membutuhkan evaluasi dan perhitungan ulang karena dikerjakan secara manual dan keterbatasan data dan waktu penulis.
2. Diharapkan bagi praktisi yang menggunakan artikel ini sebagai acuan untuk melakukan analisa lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi atau metode lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] M. C. Winata *et al.*, "MEMPERBESAR DAYA DUKUNG FONDASI Fondasi Efisiensi Tiang Kelompok," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 349–358, 2022.
- [2] H. Nugroho and D. Tjitradi, "Metode Pemancangan Mini Pile dengan Vibratory Pile Driver yang Dimodifikasi (Studi Kasus Pada Pelaksanaan Proyek Ruko Banjarmasin)," vol. 11, no. 01, pp. 28–32.
- [3] F. Fanica and A. J. Susilo, "Analisis Efektivitas Kedalaman Grouting Untuk Meningkatkan Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang Beton Pracetak," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 183, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i2.4307.
- [4] A. J. Saputra, "Analysis of the Effect of Shear Walls on Building Structural Deviations in High-rise Buildings Monde City Tower M2 Batam City Analisis Pengaruh Dinding Geser (Shear Wall) terhadap Simpangan Struktur Gedung pada Bangunan Gedung Tinggi Monde City Tower M2," vol. 3, 2022, doi: 10.37253/jcep.v3i2.7434.
- [5] D. Annisa, W. O. Sumartini, P. Studi, T. Sipil, and F. Teknik, "Analisa Hubungan Tingkat Hujan dengan Desain Infrastruktur Drainase yang Berada di Kawasan Mega Superblock Meisterstadt Pollux Habibie Batam mempelajari kawasan perkotaan yang sangat erat kaitannya dengan kondisi yang infrastruktur terpenting di kota , ku," vol. 3, no. 1, pp. 45–59, 2022.
- [6] R. Salauwe, F. J. Manoppo, and S. Monintja, "Analisa Perkuatan Tanah dengan Bambu Sebagai Micro Pile pada Tanah Liquefaction (Proyek PLTU Manokwari)," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 351–361, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/9963>
- [7] I. Yahya and M. A. Pramudya, "Analisa Daya Dukung dan Konsolidasi Fondasi Micropile Pada Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Selatan," 2022.
- [8] B. Chairullah, "Analisa Daya Dukung Pondasi Dengan Metoda Spt, Cpt, Dan Meyerhof Pada Lokasi Rencana Konstruksi Pltu Nagan Raya Provinsi Aceh," *Teras J. J. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 15–24, 2016, doi: 10.29103/tj.v3i1.43.
- [9] A. I. Candra, A. Yusuf, and A. R. F., "Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung Lp3M Universitas Kadiri," *J. CIVILA*, vol. 3, no. 2, p. 166, 2018, doi: 10.30736/cvl.v3i2.259.
- [10] G. Roschedy, F. J. Manoppo, and A. T. Mandagi, "Analisis Daya Dukung Pondasi Jembatan Gorr I," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 4, pp. 397–408, 2019.