

Karakteristik Tanah Lempung Sedimen Berdasarkan Uji *In-Situ* di Kawasan Industri JIPE - Gresik

Handayani, Dimas Anggraito

Geotechnical Engineer - CV Testana Engineering

ABSTRAK: Pembangunan Industri di Gresik semakin berkembang, terlebih lagi setelah pemerintah resmi menetapkan salah satu Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Teknologi & Manufaktur JIPE (*Java Integrated Industrial and Ports Estate*) di Gresik. Untuk mendukung perencanaan/ perancangan dan pelaksanaan konstruksi, diperlukan adanya informasi mengenai karakteristik lapisan tanah dasar yang diperoleh dari hasil-hasil penyelidikan tanah, seperti uji *In-Situ* dalam hal ini melalui uji penetrasi standar (SPT) dan uji CPTu secara berdampingan yang dilengkapi dengan pengujian tanah di laboratorium. Data-data penyelidikan tanah dikumpulkan dari beberapa lokasi dikawasan industri JIPE. Tulisan ini sebagai bahan diskusi ataupun pendahuluan untuk perencanaan ataupun pelaksanaan substruktur bawah, yang dinilai akan masih lebih banyak lagi proses pembangunan di masa akan datang. Sesuai dengan hasil kajian, kondisi lapisan tanah dasar yang didominasi oleh lempung sedimen amat lunak lagi tebal masih dalam tahap berkonsolidasi. Uji CPTu dapat dijadikan pendukung ataupun alternatif dari uji *In-situ* terutama untuk mengungkapkan karakteristik kompresibilitas tanah.

Kata Kunci: lempung sedimen, konsolidasi, CPTu

ABSTRACT: Industrial development in Gresik is growing, especially after the Government officially established one of the Special Economic Zones (Kawasan Ekonomi Khusus, KEK) Technology & Manufacturing JIPE (Java Integrated Industrial and Ports Estate) in Gresik. To support the planning/design and the implementation of construction, it is necessary to have information regarding the characteristics of the subgrade layer obtained from the results of soil investigations, such as the In-Situ test in this case through the standard penetration test (SPT) and CPTu test side-by-side which is equipped with testing laboratory soil. Soil investigation data were collected from several locations in the JIPE industrial area. This paper is written as a discussion material or a preface to the planning or implementation of the lower substructure, which is considered that there will be more development in the future. In accordance with the results of the study, the condition of the subgrade which is dominated by very soft and thick sedimentary clay is still in the consolidation stage. The CPTu test can be used as a support or alternative to the In-situ test, especially to reveal the compressibility characteristics of the soil.

Keywords: sedimentary clay, consolidation, CPTu

1. PENDAHULUAN

Laju perkembangan pembangunan industri cukup terasa di Gresik, Jawa Timur terutama pada kawasan industri JIPE (*Java Integrated Industrial and Ports Estate*). Kawasan ini rencananya terintegrasi mulai dari pelabuhan laut dengan total area mencapai sekitar 400 ha,

lahan pemukiman seluas 800 ha dan kawasan industrial yang memiliki luas mencapai 1800 ha. Lokasi JIPE terletak pada sisi utara dari kota Surabaya dan dapat ditempuh dalam tempo lebih kurang ± 1 jam dari Surabaya.



Gbr. 1. Kawasan Industri Terintegrasi JIPE, Courtesy of Google.Com.



Gbr. 2. Lokasi Tinjauan.

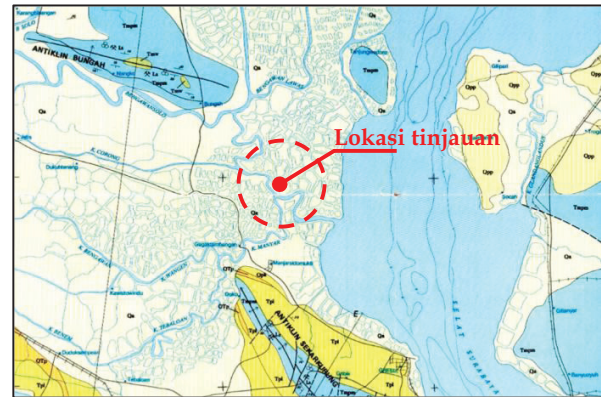
Untuk mendukung perencanaan dan perancangan konstruksi yang ada, maka diperlukan penyelidikan tanah yang bertujuan untuk mengungkapkan kondisi stratifikasi dan perlawanan lapisan tanah dasar. Dalam tulisan ini, penyelidikan tanah yang dilakukan meliputi uji penetrasi standar (SPT) dan uji CPTu secara berdampingan yang dilengkapi dengan pengujian tanah di laboratorium.

2. KONDISI GEOLOGI

Berdasarkan peta geologi lembar Surabaya dan Sapulu, Jawa (1992), maka kawasan ini terbentuk akibat proses sedimentasi pada masa Quarter tersusun oleh endapan Alluvial (Qa) berupa bahan/ berbutir halus, dengan lempung/ lanau merupakan bahan utama, yang memiliki sifat lepas dan sangat mudah tertekan, dilanjutkan oleh pasir dan lanau, setempat mengandung pecahan kulit kerang.

Kawasan ini dilintasi aliran anak sungai Bengawan Solo yang bermuara pada lautan di Selat Surabaya, sehingga lapisan-lapisan tanah permukaan yang terbentuk merupakan endapan oleh erosi ataupun transportasi air. Jenis lapisan tanah ini umumnya memiliki kuat geser yang rendah dengan tingkat kompresibilitas yang

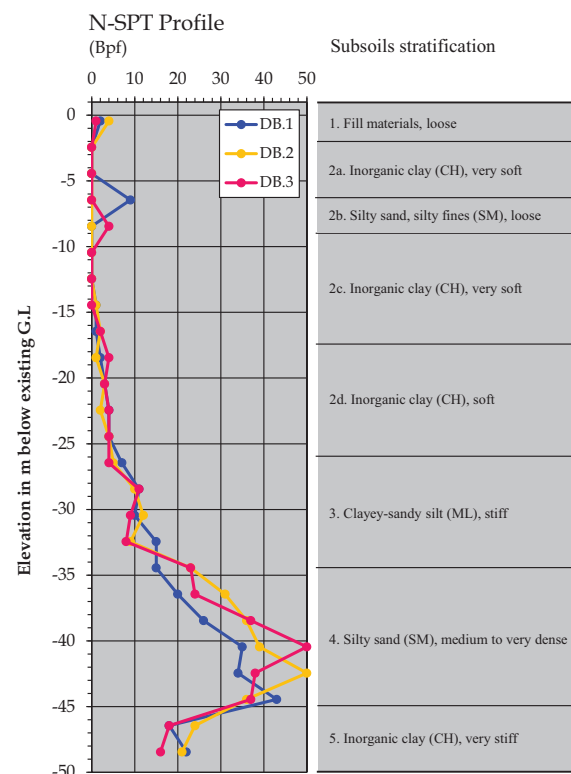
tinggi. Kondisi tanah seperti ini menyebabkan permasalahan yang berdampak pada kegagalan pondasi, stabilitas tahanan galian, timbunan, dll. nya.



Gbr. 3. Peta Geologi lembar Surabaya dan Sapulu, Jawa (1992).

3. PENYELIDIKAN TANAH

3.1. Pemboran dan Uji Penetrasi Standart



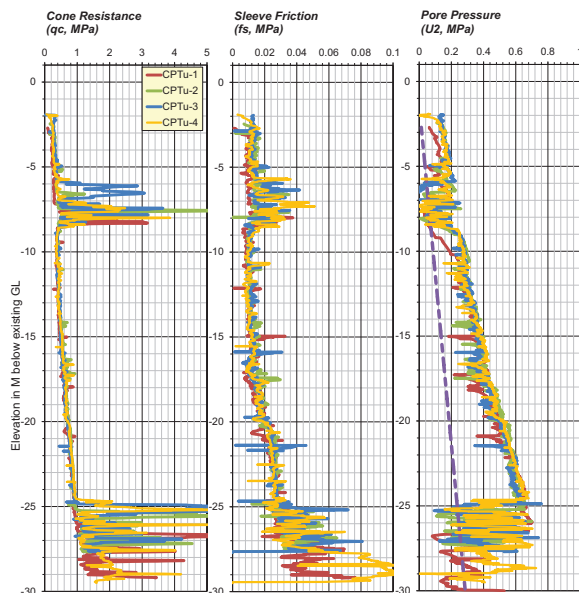
Gbr. 4. Profile Nilai N-SPT (bpf) dan Lapisan Tanah.

Penyelidikan tanah melalui pemboran sedalam 50 m dengan sistem *core drilling* yang disertai dengan uji penetrasi standar dilakukan untuk mendapatkan contoh lapisan tanah. Hasil pemboran yang disertai dengan N-SPT (bpf)

hingga kedalaman 50 m yang menggambarkan profile perlawanan lapisan tanah dasar lebih lanjut disampaikan melalui Gbr. 4.

Hasil penyelidikan mengungkapkan adanya lapisan tanah dasar yang tersusun oleh lempung dengan konsistensi amat lunak lagi cukup tebal. Untuk mengungkapkan karakteristik tanah lempung tsb., maka dilakukan uji CPTu.

Sesuai dengan hasil pemboran sebelumnya, dimana terdapat material tanah timbunan yang mencapai ketebalan $\pm 2,50$ m, sehingga dilakukan preboring untuk memungkinkan penetrasi konus pada lapisan tanah permukaan. Sebanyak 4 (empat) titik uji CPTu telah dilakukan, dengan profile tahanan ujung (q_c), gesekan selimut (f_s), dan tekanan air pori (u_2) diperlihatkan melalui Gbr. 5.



Gbr. 5. Hasil-hasil Pengujian CPTu.

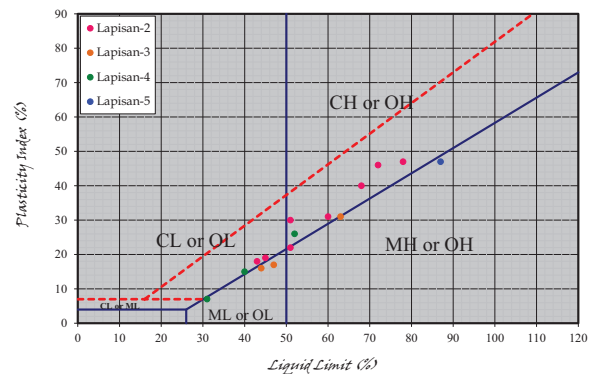
Profil perlawanan lapisan tanah yang tercermin dari nilai tahanan ujung konus (q_c) secara umum cukup konsisten dengan penyelidikan sebelumnya, dimana lapisan lempung amat lunak yang didapati hingga maksimum hingga elevasi -26,0 m dari permukaan tanah eksisting.

3.2. Uji Laboratorium

Pengujian indeks properties yang dilakukan thd. contoh-contoh tanah dalam kondisi tak terganggu mencakup pengujian berat isi, berat jenis, kadar air termasuk penetapan batas-batas Atterberg, analisa ayakan dan hydrometer. Distribusi batas cair (L_L , %) dan

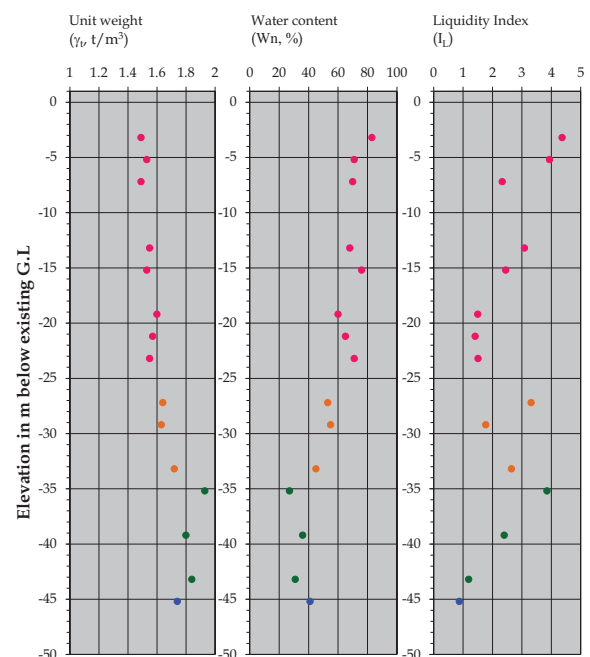
indeks plastisitas (I_p , %) dalam diagram plastisitas Casagrande (1932) disampaikan melalui Gbr. 6.

Profile indeks kecairan mengungkapkan hasil yang cukup konsisten dengan profile perlawanan tanah, semakin rendah perlawanan tanah akan memiliki indeks kecairan yang tinggi. Untuk lapisan tanah lempung dengan konsistensi amat lunak ~ lunak, memiliki berat isi tanah mulai dari 1,46 hingga 1,60 t/m^3 , dengan nilai kadar air sebesar 60 hingga 85% dan indeks kecairan antara 1,50 ~ 4,40.



Gbr. 6. Diagram Plastisitas Casagrande (1932).

Sementara itu, profil parameter fisis yang lainnya diberikan melalui Gbr. 7 dibawah ini.

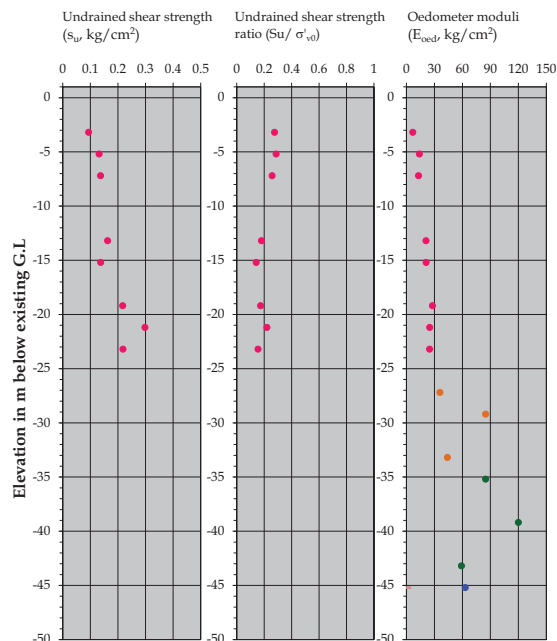


Gbr. 7. Profile Berat Isi, Kadar Air, dan Liquidity Index.

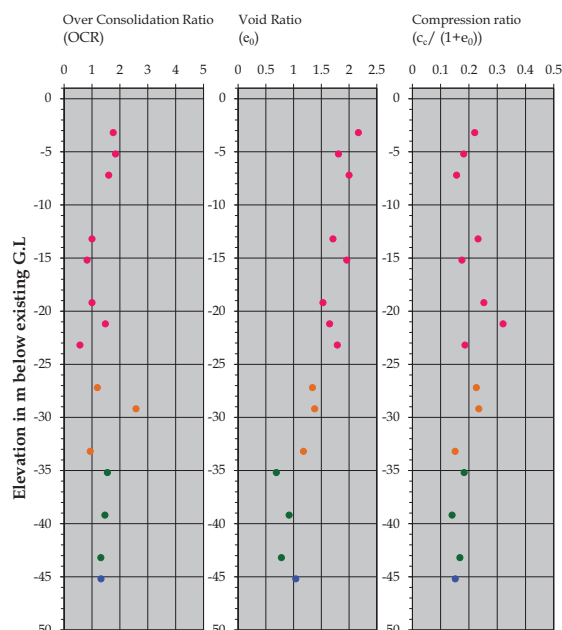
Parameter kuat geser tanah tak terdrainase (s_u , kg/cm^2) dan rasionya terhadap tegangan (s_u/σ'_{v0} , kg/cm^2) termasuk parameter kekakuan

tanah (modulus oedometer) diberikan melalui Gbr. 8. Rata-rata rasio kuat geser tanah tak teralir yang dihasilkan berkisar 0,22, dengan nilai terendah 0,16 dan tertinggi 0,28.

Sifat tanah terhadap kemampuan berubah volume saat menerima tegangan tambahan di ilustrasikan melalui uji konsolidasi. Beberapa parameter tanah yang dihasilkan dari uji ini disampaikan melalui Gbr. 9.



Gbr. 8. Profile Kekuatan dan Kekakuan Tanah.



Gbr. 9. Profile Riwayat Tegangan, Angka Pori Dan Rasio Kompresi.

Untuk lapisan tanah lempung amat lunak ~ lunak, riwayat tegangan (OCR) yang dihasilkan bernilai <1, mengindikasikan bahwa kondisi lapisan tanahnya masih dalam tahap berkonsolidasi.

4. INTERPRETASI HASIL UJI CPTu

Berikut disampaikan beberapa parameter mekanis tanah yang merupakan interpretasi hasil pengujian CPTu beserta perbandingan dengan hasil-hasil uji tanah dilaboratorium.

4.1. Kuat Geser dan Modulus Tanah

Kuat geser tanah memiliki hubungan dengan tahanan konus, dapat diperoleh melalui persamaan dibawah ini.

$$s_u = \frac{q_t - \sigma_v}{N_{kt}} \quad (1)$$

Interval koefisien N_{kt} cukup bervariasi, antara 15 ~ 20. Untuk perkiraan yang lebih konservatif, dapat menggunakan nilai dengan batas atas. Selanjutnya, data pengujian CPTu dikembangkan pula untuk memperkirakan modulus terkekang (M). Kulhawy and Mayne (1990) menyampaikan persamaan yang dapat digunakan untuk memperkirakan modulus tanah.

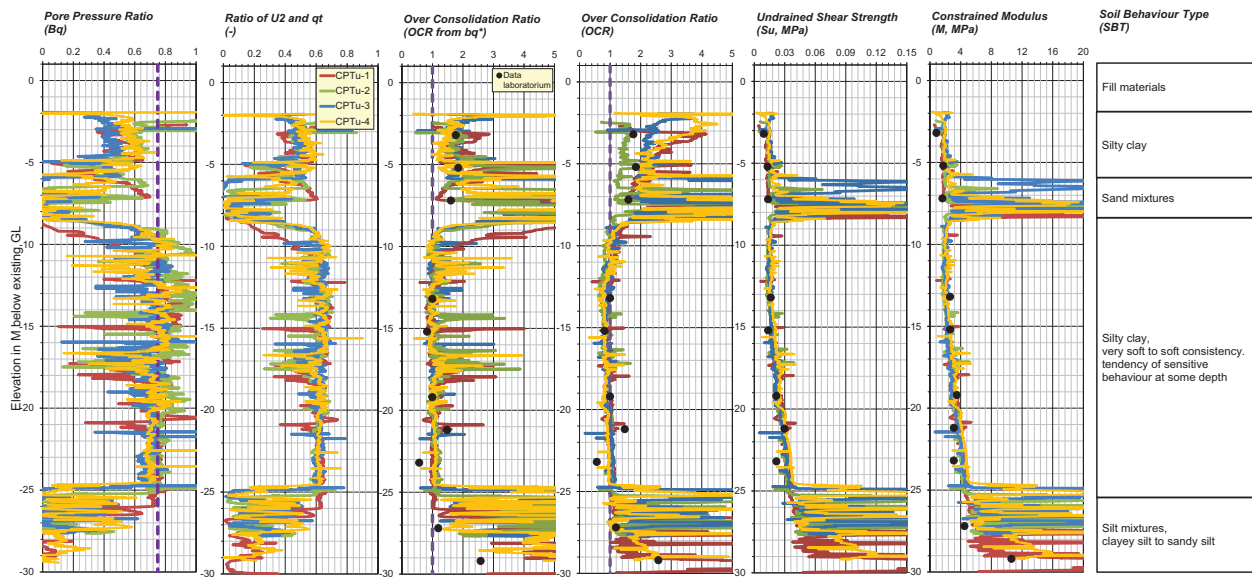
$$M = 8.25 (q_t - \sigma_v') \quad (2)$$

4.2. Riwayat Tegangan - OCR

OCR didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan prakonsolidasi (P_c) terhadap tekanan vertikal efektif (P_0'). Dengan mengetahui nilai OCR, maka dapat menempatkan lapisan tanah dalam pengklasifikasian riwayat tegangan. Untuk memperkirakan riwayat tegangan, Kulhawy and Mayne (1990) mengusulkan persamaan berikut ini.

$$OCR = k \times \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}'}{\sigma_{v0}'} \right) \quad (3)$$

Dimana koefisien k pada persamaan diatas berada diantara 0,20 ~ 0,50, dengan nilai yang disarankan sebesar 0,33. Selanjutnya, Rahardjo dkk. (2018) mengembangkan rasio tekanan air pori bintang (Bq^*) untuk mengindikasikan



Gbr. 10. Interpretasi Hasil Pengujian CPTu.

bahwa lempung tsb. masih berkonsolidasi, sementara nilai $Bq^* \approx 0,65$ mengindikasikan bahwa lempung dalam kondisi terkonsolidasi normal (NC) dan bila Bq^* bernilai $< 0,65$ mengindikasikan bahwa lempung telah mengalami konsolidasi berlebih (OC).

Koefisien N_{kt} yang digunakan untuk mengestimasi nilai kuat geser tanah tak terdrainase pada profile lapisan tanah lempung amat lunak ~ lunak diatas diambil sebesar 16, dimana memberikan hasil yang cukup konsisten dengan parameter kuat geser tanah yang diperoleh dari hasil uji tanah dilaboratorium.

Profil parameter rasio tekanan air pori (Bq) juga dapat digunakan sebagai indikasi awal untuk memperkirakan perilaku tanah lempung dalam klasifikasi riwayat tegangan. Rahardjo dkk. (2015) menyederhanakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Setionegoro (2013), dimana riwayat tegangan (OCR) dapat diperoleh melalui persamaan :

$$OCR = \frac{1}{(1.2Bq + 0.1)} \quad (4)$$

Pada persamaan diatas, untuk rasio tekanan air pori (Bq) bernilai $\geq 0,75$ mengindikasikan lapisan tanah masih dalam tahap berkonsolidasi. Profile riwayat tegangan yang diperoleh dari persamaan (3) dan (4), memberikan hasil yang bersesuaian dengan data hasil-hasil pengujian laboratorium, dimana untuk lapisan lempung amat lunak ~ lunak yang

didapati pada lokasi tinjauan masih dalam tahap berkonsolidasi.

5. KESIMPULAN

- Makalah ini menyajikan informasi awal sebagai bahan pendahuluan mengenai parameter tanah diarea kawasan Industri JIPE.
- Uji CPTu dapat digunakan sebagai pendukung atau alternative dari uji *In-situ*, terutama untuk mengungkapkan kompresibilitas tanah dan juga untuk memperkirakan derajat konsolidasi tanah.
- Rasio tekanan air pori (Bq) maupun parameter Bq^* dapat digunakan untuk mengestimasi nilai riwayat tegangan – OCR.
- Lapisan tanah permukaan lokasi tinjauan yang merupakan bagian dari endapan Alluvium (Qa), berperilaku sebagai lempung yang masih dalam tahap berkonsolidasi.

6. SARAN

Uji CPTu dinilai cukup efisien dan efektif untuk melengkapi pengujian konsolidasi dilaboratorium.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang memberi dukungan dalam penulisan maupun memberikan data, sehingga dapat menjadi bahan referensi dalam penulisan makalah.

DAFTAR PUSTAKA

Lunne, T., Robertson, P. K. and Powel, J. J. M. 1997. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Blackie Academic & Professional.

Rahardjo, P.P., Anggoro, B.W., Yakin Y.A., Darmawan, H. 2008. Determination of the Degree of Consolidation of Reclaimed Site on Deep Soft Mahakam Deltaic Soils using CPTu. *Proceeding of*

the Fourth International Symposium in Deformation Characteristics of Geomaterials IS Atlanta 22-24 September 2008. Atlanta Georgia. 883-889.

Rahardjo, P.P., Anggoro, B.W., Wirawan, A. 2016. CPTu in Consolidating Soils. *Proceeding of Geotechnical and Geophysical Site Characterisation 5* – Lehane Acosta-Martínez & Kelly (Eds) © 2016 Australian Geomechanics Society. Sydney, Australia. ISBN 978-0-9946261-1-0.

Robertson, P.K., Cabal, K.L. 2015. *Guide Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering 6th Edition*. Gregg Drilling & Testing, Inc.

Setionegoro, N. 2015. *Research on the Characterization of Consolidating Soils (in Indonesian)*. Ph.D. Dissertation submitted to the Graduate School. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung Indonesia.

Testana Engineering. 2020. *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah untuk Penurunan Gudang dan Fasilitas Lain di JIPE, Manyar, Gresik*. (unpublished).