

Analisis *Pipe Support* Pada Proyek Stasiun Pertamina Gas Negara (PGN) dan Pertagas Bitung Tangerang

Muhammad Edwin Rachmanudin^a, Iwan Rustendi^a, F Eddy Poerwodihardjo^a

^a Universitas Wijayakusuma Purwokerto

DOI: <https://doi.org/10.18196/bce.v3i1.17859>

Abstrak

Pertamina Gas Negara (PGN) berencana melakukan pembangunan *pipeline* 24" sepanjang 1500 m di Stasiun Pertagas Bitung dan pemindahan *stream orifice meter*, *filter*, *pressure control valve* beserta struktur *pipe support* dari Stasiun PGN Hurip Jaya ke Stasiun PGN Bitung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis pondasi serta struktur *pipe support* yang akan digunakan untuk menyangga pipa gas berdiameter 20" dan 24" di Stasiun PGN dan Pertagas. Tahapan untuk mencapai tujuan penelitian ini dilakukan survey topografi, survey investigasi tanah, menentukan beban struktur, menentukan jenis pondasi, serta profil struktur. Jenis pondasi yang digunakan yaitu *squarepile* dan *boredpile*. Kedalaman pondasi *pipe support* 4-6 meter di Stasiun PGN merupakan tanah dengan konsistensi *stiff to very stiff*. Kedalaman rencana ini cukup ideal untuk dudukan pondasi. Daya dukung pondasi *squarepile* dan *boredpile* di Stasiun PGN dan Stasiun Pertagas memenuhi standar yang diizinkan dari masing-masing kedalaman. Nilai rasio dan defleksi dari profil struktur baja memenuhi standar yang diizinkan, dimana nilai rasio 1.00 dan defleksi H/300 atau L/240.

Kata-kata kunci: PGN, Pertagas, *Pipe support*, *Squarepile*, *Boredpile*

Abstract

Pertamina Gas Negara (PGN) plans to build a 1500 m long 24" pipeline at Pertagas Bitung Station and transfer stream orifice meters, filters, pressure control valves (PCV) along with pipe support structures from PGN Hurip Jaya Station to PGN Bitung Station. This study aims to analyze the type of foundation and pipe support structure that will be used to support gas pipes with a diameter of 20" and 24" at PGN and Pertagas Stations. The steps to achieve the objectives of this study were a topographical survey, soil investigation survey, determining structural load, determining the type of foundation, and structural profile. The type of foundation used is squarepile and bored pile. The depth of the pipe support foundation is 4-6 meters at the PGN Station, which is a soil with a stiff to very stiff consistency. This plan depth is ideal for foundation backing. The bearing capacities of squarepile and boredpile foundations at PGN Station and Pertagas Station meet the permissible standards of each depth. The ratio and deflection values of the steel structure profiles meet the permitted standards, where the ratio values are 1.00 and the deflection is H/300 or L/240.

Keywords: PGN, Pertagas, *Pipe support*, *Squarepile*, *Boredpile*

© 2023. Bulletin of Civil Engineering UMY

Riwayat Artikel

Diserahkan
5 Desember 2023

Direvisi
5 Januari 2023

Diterima
24 Januari 2023

*Penulis korespondensi
m.edwin@unwiku.ac.id

1 PENDAHULUAN

Pertamina Gas Negara (PGN) sebagai sub-holding gas memiliki entitas Business Unit (BUI) dan anak perusahaan Pertagas yang mengelola portofolio infrastruktur pengangkutan gas bumi (transmission pipeline). Sinergi antara BUI dan Pertagas mutlak diperlukan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi portofolio pengangkutan tersebut. Salah satu kegiatan sinergi ini dapat dilakukan dengan integrasi secara fisik melalui interkoneksi infrastruktur maupun secara non-fisik melalui penggabungan sistem manajemen gas di antara kedua entitas tersebut.

Sebagai bentuk target jangka pendek dalam kegiatan integrasi ini, akan dilakukan integrasi fisik infrastruktur melalui interkoneksi pipa Contract Package (CP)-3 (BUI) dan pipa West Java Area (Pertagas) di Bitung untuk

mengalirkan tambahan penyaluran gas ke Pupuk Kujang Cikampek (PKC) dan ke RU VI Balongan. PKC dan RU VI saat ini merupakan shipper Pertagas, namun karena terjadi penurunan pasokan gas dari Pertamina untuk area Jawa Barat maka permintaan tambahan gas tersebut akan dipenuhi dari lapangan gas yang ada di Sumatera dan dialirkan melalui jaringan transmisi South Sumatera West Java (SSWJ).

Dalam rangka memenuhi hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *pipe support* pada pembangunan pipeline 24" sepanjang 1500 m di Stasiun Pertagas Bitung dan pemindahan stream orifice meter, filter, pressure control valve Stasiun PGN Hurip Jaya ke Stasiun PGN Bitung.

Dalam proses perancangan sistem perpipaan, analisis statis dan analisis dinamis perlu dilakukan untuk

menjamin keamanan rancangan dan keamanan operasional dari sistem perpipaan (Dongoran (2021), Sarno & Karagiannakis (2019)).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis pondasi serta struktur *pipe support* baru yang akan digunakan dengan tujuan menyangga pipa gas berdiameter 20" dan 24" di lokasi area Stasiun PGN dan Pertagas. Penelitian ini menggunakan software *Staadpro* untuk tegangan pipa atau *pipe stress analysis* (PSA) dengan pembebanan yang disimulasikan menggunakan *Caesar II*.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Survey Topografi

Survey topografi dimaksudkan untuk pekerjaan pengukuran dan pemetaan kondisi topografi di lapangan, untuk mendapatkan gambaran topografi yang lengkap, jelas, dan memenuhi persyaratan desain rencana pembangunan. Hasil pekerjaan ini adalah menghasilkan data ukur dan gambar – gambar yang meliputi gambar peta situasi baik jalan, saluran, tangki, piping, peralatan eksisting dan bangunan eksisting. Lokasi pekerjaan topografi berada di Stasiun PGN dan jalur pipa 24 inch dari Stasiun PGN ke Stasiun Pertagas. Metode yang digunakan dalam pengukuran survey pemetaan ini adalah metode kadastral, dimana data pengukurannya menggunakan pengukuran sudut dan jarak.

Pengukuran Poligon dan kerangka horizontal dan vertikal

Pengukuran poligon kerangka horizontal menggunakan sistim pembacaan sudut jarak dengan cara biasa, dengan pengukuran satu seri serta pengukurannya terikat terhadap point hasil pengamatan *Bench Mark*. Adapun hasil data yang didapat dari daftar koordinat yang telah disiapkan menjadi acuan untuk menentukan topografi. Penempatan topografi harus berkesinambungan dan mengacu kepada jarak horizontal. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan peralatan total station. Sudut kemiringan dan jarak sepanjang garis tengah topografi harus diukur dan dicatat pada catatan lapangan. Jika data dicatat secara manual, jarak harus diukur dua kali dan dicatat dalam satuan meter.

Pengukuran Topografi

Pengukuran topografi adalah pengukuran yang bertujuan untuk memetakan semua kondisi eksisting seperti saluran, sungai, pagar, rumah, jalan, jembatan dan yang lainnya akan dimasukkan ke *alignment sheet* di area Stasiun Bitung PGN dan jalur pipeline. Untuk survei topografi pada jalur pipa dilakukan dalam koridor 30 m yaitu 15 m kanan dan kiri dari as jalur pipeline rencana untuk kebutuhan *alignment sheet*.

Pengambilan data topografi dan detail situasi menggunakan alat *total station* dengan sistim pengambilan data direkam. Data direkam berupa format data yang akan ditransfer dan diproses menggunakan komputer. Data pengukuran yang akan direkam adalah sudut horizontal, sudut vertikal, jarak datar, Ketinggian, serta deskripsi atau data yang direkam dapat berupa data koordinatnya langsung yang berupa *northing*, *easting*, elevasi serta deskripsi.

2.2 Investigasi Tanah

Tujuan dari penyelidikan tanah atau soil investigasi adalah untuk mengetahui karakteristik tanah pada lokasi proyek yang akan dibangun fasilitas produksi. Penyelidikan ini nantinya akan berupa nilai daya dukung tanah yang akan digunakan.

Penyelidikan tanah ini dilakukan di lokasi area perumahan Pertagas dan di Stasiun Pertagas. Sedangkan di area Stasiun PGN menggunakan data penyelidikan tanah existing dan data di tahun sebelumnya. Berikut adalah lokasi penyelidikan tanah *handboring* dan *borehole* :

Pekerjaan Persiapan

1. Survey langsung ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan.
2. Pengumpulan data-data diperlukan dari instansi atau institusi yang dapat dijadikan narasumber data.
3. Melakukan ijin lingkungan setempat dan dinas terkait.
4. Melakukan Inspeksi semua peralatan yang digunakan.

Pekerjaan Lapangan

1. Menyiapkan bahan-bahan dan peralatan kerja
2. Menentukan titik lokasi kegiatan
3. Pekerjaan bor dalam 1 titik dengan kedalaman 30 meter pengambilan UDS tiap 5 meter serta SPT tiap 2 meter.
4. Pekerjaan bor dangkal 1 titik dengan kedalaman 5 meter pengambilan UDS 2 sample dikedalaman 2 meter dan 5 meter.

Pekerjaan Laboratorium

Mengambil sampel tanah undisturbed sample untuk menentukan index properties dan engineering properties. Index properties meliputi : kadar air, berat jenis, berat isi, analisa ukuran butir, batas cair. *Engineering properties* meliputi: *unconfined compression test*, *unconsolidated-undrained (uu) triaxial test*, *consolidated-undrained (cu) triaxial test*, *consolidation*, dan *modified proctor*.

2.3 Beban Eksternal

Beban eksternal atau lain beban yang akan ditumpu oleh *pipe support*, yaitu didapat dari data *pipe stress analysis* menggunakan *Software Caesar II*. Software ini mampu mensimulasikan kondisi pembebanan yang kompleks, seperti suhu, tekanan aksial, dan *bending*. *Caesar II* banyak diadopsi untuk mengevaluasi tegangan dan fleksibilitas pipa (Gu, dkk, 2021). Output dari *pipe stress analysis* yaitu beban pipa pada saat kondisi kosong, beban pipa pada saat dialiri gas, dan beban pipa pada saat *hydrotest* atau diisi air penuh. Beban lain yang perlu dianalisis yaitu beban gempa dan beban angin. Parameter beban gempa didapat dari puskim, sedangkan beban angin ditetapkan besarnya dari desain basis oleh perusahaan.

Dalam menganalisis struktur baja maupun beton, semua beban yang akan ditopang struktur harus digabung atau dikombinasi agar bisa diketahui kekuatan struktur apabila diberi beban secara bersamaan. Beban kombinasi yang digunakan dalam perencanaan struktur beton maupun baja yaitu metode ASD (Allowable Stress Design) dan LRFD (Load and Resistance Factor Design). Metode

ASD yaitu metode perencanaan yang menggunakan beban kombinasi tanpa beban terfaktor (unfactored load) untuk desain pondasi, sedangkan LRFD adalah metode perencanaan yang mengacu pada kondisi batas, atau limit state dengan kombinasi beban yang digunakan adalah beban terfaktor (*factored load*) untuk desain baja dan penulangan beton (Cahya 2015).

2.4 Jenis Pondasi

Pondasi merupakan langkah utama untuk membangun suatu fasilitas infrastruktur. Perencanaan struktur bawah untuk suatu konstruksi bangunan dengan tepat diperlukan untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan (Long, 2019). Pemilihan jenis pondasi ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah. Dari hasil penyelidikan tanah dapat dihitung daya dukung tanahnya. Pondasi dangkal menggunakan rumus sebagai berikut :

Berdasarkan Data Sondir (*Guy Sanglerat, Meyerhof*)

$$q_a = \frac{q_c}{SF} \quad SF = 20$$

$$q_a = \frac{q_c}{20} \text{ kg/cm}^2 \quad (1)$$

Dimana q_c = Tahanan ujung konus sondir (kg/cm^2) di kedalaman yang ditinjau

Berdasarkan data laboratorium (*Terzaghi*)

$$q_u = 1.3 C N_c + D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (2)$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{SF} = \frac{q_{ult}}{3} \quad (3)$$

Dimana q_u = Daya dukung ultimate (kg/cm^2), q_a = Daya dukung ijin (kg/cm^2), C = Nilai kohesi tanah (kg/cm^2), γ = Berat volume tanah (kg/cm^3), D_f = Kedalaman pondasi, B = Lebar pondasi (m), dan N_c , N_q , N_γ = faktor daya dukung.

Pondasi dalam, menggunakan rumus sebagai berikut :

Berdasarkan Rumus *Meyerhof*

End bearing capacity

$$q_c = n \times N \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (4)$$

untuk tanah kohesif $n = 2$, non kohesif $n = 3$

Skin friction

$$F_s = N / n_f \quad (5)$$

Tanah kohesif $n_f = 25$, non kohesif $n_f = 50$

Kapasitas tekan pondasi dalam/ tiang pancang yang diijinkan digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{ac} = \frac{q_c \times A_b + f_s \times A_p \times L}{3} \quad (6)$$

Dimana A = luas penampang tiang, A_p = keliling penampang tiang, L = panjang tiang.

Kapasitas lateral pondasi dalam/ tiang pancang yang diijinkan digunakan rumus sebagai berikut :

$$H = \gamma_0 \cdot k_h \cdot D / [2 \cdot \beta \cdot (e \cdot \beta + 1)]$$

$$\beta = [k_h \cdot D / (4 \cdot E_c \cdot I_c)]^{0.25}$$

Dimana D atau S = diameter atau sisi tiang (m), k_h = keliling penampang tiang (m), β = koefisien defleksi tiang (m), E_c = modulus elastis tiang (kN/m^2), I_c = momen inersia penampang (m^4)

Pelaksanaan pemancangan *spunpile* ataupun *squarepile precast* menggunakan metode HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*). Kelebihan alat ini antara lain gangguan

terhadap lingkungan dapat diminimalkan karena tidak menimbulkan getaran dan kebisingan (Dwiretnani, 2019). Cara kerja alat ini menggunakan konsep hidraulik yang bekerja seperti alat dongkrak (Ivana, 2018).

Pondasi *boredpile* menggunakan metode insitu dengan menggunakan *Wash Boring Machine* atau disebut metode basah. Metode ini dilakukan dengan cara mengebor tanah melewati muka air tanah dan rawan longsor (Marianti, 2020).

2.5 Profil Struktur

Profil atau Member Struktur yang dimaksud yaitu *pipe support* sebagai penyangga pipa. *Pipe support* harus direncanakan dengan baik agar mampu menahan tegangan dari berbagai macam pembebanan (Irsan, 2020). *Pipe support* dianalisis menggunakan software *staadpro*. Output dari *staadpro* berupa nilai rasio dan defleksi struktur, serta reaksi akibat kombinasi beban mati, beban angin, dan beban gempa yang nantinya sebagai acuan untuk menentukan dan menganalisis pondasi yang akan digunakan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Survey Topografi

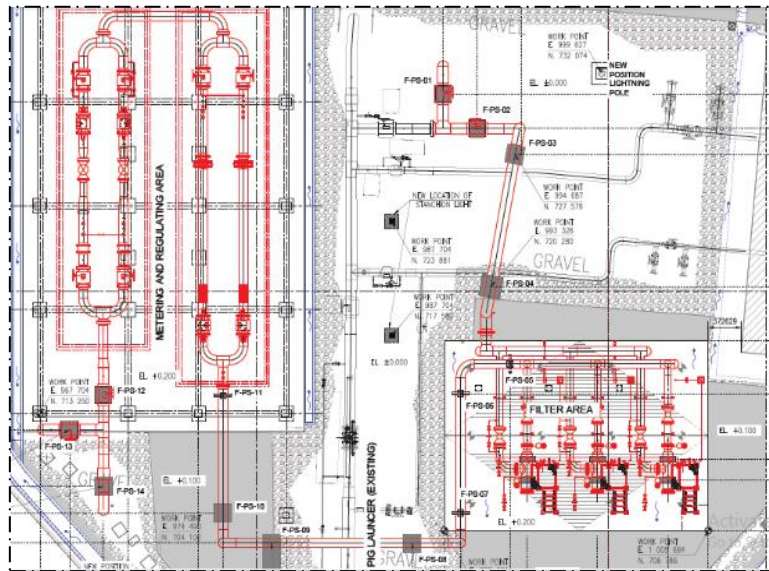
Pengukuran kerangka dasar dilakukan menggunakan alat ukur *theodolite Total Station* dimana data yang diamati di lapangan berupa sudut (vertikal & horisontal) dan jarak serta variable lainnya yang selanjutnya dapat ditransfer pada *software Autodesk Civil 3D*. Data yang diperoleh dari lapangan dihitung menggunakan hitung perataan pendekatan metode *Bowditch atau Least Square* (Perataan Kuadrat Terkecil). Perhitungan koreksi beda tinggi berdasarkan jarak pengamatan pada setiap sisi (proporsional terhadap jarak). Perhitungan dapat diterima jika batas toleransi telah dipenuhi.

Sebelum data situasi dan detail topografi diolah, terlebih dahulu harus disiapkan garis *breaklines*. Garis *breaklines* harus dibuat pada setiap :

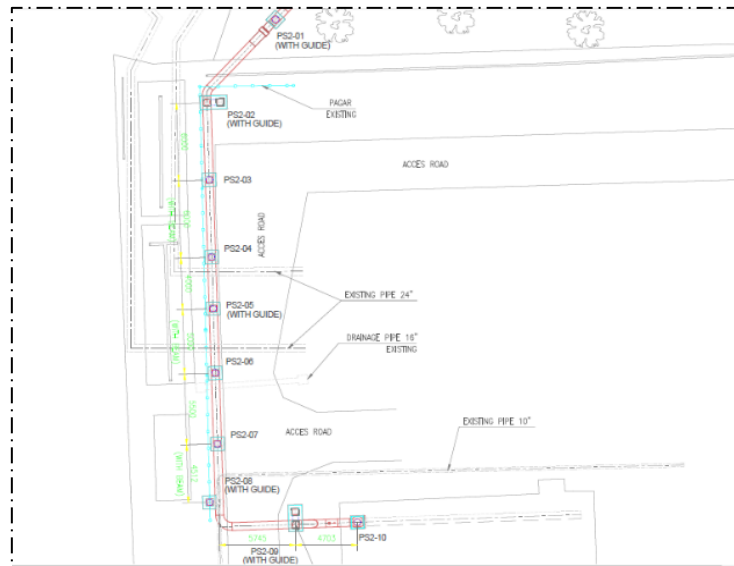
- Kepala dan kaki *slope*
- Tepi alas dan tepi bawah sungai
- As alur
- Kedua Tepi jalan
- *Surface editing*

Proses pembuatan *surface* pada *software survey* berupa *Triangulation Irregular Network (TIN)* harus melibatkan seluruh data topografi (X,Y,Z) dan garis *breaklines*. *Surface editing* dilakukan langsung pada TIN tetapi harus menggunakan garis *breaklines*. Cek terhadap data situasi dan detail topografi dilakukan secara bertahap dengan menampilkan gambar kontur yang dilengkapi dengan gambar situasi. Jika koordinat kerangka dasar dan poligon cabang belum final, perhitungan koordinat data situasi dan detail topografi dihitung dengan koordinat sementara.

Proses pembuatan *surface final* dengan menggunakan koordinat definitif dilakukan secara bersamaan untuk seluruh area pemetaan, selanjutnya dilakukan proses pembuatan kontur. Gambar kontur harus sesuai dengan sketsa lapangan.



Gambar 1 Stasiun PGN



Gambar 2 Stasiun Pertagas

Jumlah benchmark yang dipasang pada pengukuran ini berjumlah 6 buah, yang tersebar di area pengukuran seluas ± 17,2 hektar. Koordinat dan elevasi referensi menggunakan GPS di Titik BM-GPS14C dan Elevasi berdasarkan pasang surut air Laut dengan Elevasi BM-GPS14C = 21.924 m dengan nilai BM pada Tabel 1. Setelah melakukan pemetaan, kemudian gambar kontur yang menunjukkan angka elevasi, diplot pada layout atau gambar lokasi proyek. Berikut layout Stasiun PGN dan Stasiun Pertagas pada Gambar 1 dan Gambar 2

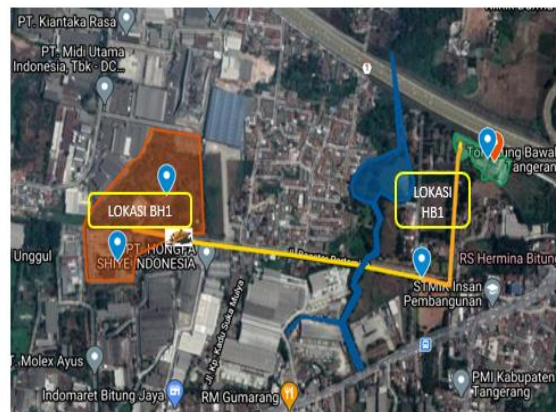
Tabel 1. Koordinat BM

Nama BM	X (m)	Y (m)	Elevasi (m)
BM GPS14C	672542,310	9312330,183	21,924
BM-GPS14B	672566,800	9312294,793	22,160
BM-CP-01	672437,485	9312029,438	22,734
BM-CP-02	672296,138	9312056,238	20,394
BM-CP-03	671783,554	9312108,193	24,647
BM-CP-04	671725,576	9312086,868	24,596

3.2 Hasil Pengujian Tanah

Pekerjaan soil investigasi dalam penelitian ini terdiri dari satu bor dalam (BH1) dan satu bor dangkal

(HB1) yang tertera pada (Gambar 3). Penentuan lokasi berdasarkan persetujuan antara kontraktor pelaksana dengan PGN yang sudah dilakukan inspeksi peralatan yang digunakan selama pekerjaan dan juga *safety induction*.



Gambar 3 Lokasi Pekerjaan Pengujian Tanah

Lokasi pekerjaan soil investigasi yaitu di perumahan milik Pertagas dan Stasiun Pertagas. Sedangkan untuk di area Stasiun PGN, tidak dilakukan soil investigasi yang

baru, akan tetapi menggunakan data pekerjaan soil investigasi di tahun sebelumnya dengan notasi DB-3.

Berdasarkan data - data hasil penyelidikan tanah di lapangan, kondisi tanah dasar (bawah permukaan) untuk proyek ini di lokasi Stasiun Pertagas dan perumahan Pertagas adalah pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 .

Tabel 2. Bore Hole-1

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah
0 - 4,5	Merupakan jenis lapisan lempung kelanauan dengan tingkat konsistensi <i>soft to medium</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 2 - 5
4,5 - 12,50	Merupakan jenis lapisan lempung kelanauan dengan tingkat konsistensi <i>stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 9 - 15
12,50 - 16,50	Merupakan jenis lapisan lanau dengan tingkat konsistensi <i>very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 19.
16,50 - 26,50	Merupakan jenis lapisan lanau kelempungan dengan tingkat konsistensi <i>very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 25 - 30.
26,50 - 30,50	Merupakan jenis lapisan lanau kelempungan dengan tingkat konsistensi <i>very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 25 - 30.

Tabel 3. Hand Bore-1

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah
0 - 5,00	Merupakan jenis lapisan lempung kelanauan dengan tingkat konsistensi lunak. Nilai N-SPT 0

Tabel 4. Deep Boring-3

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah
0 - 0,5	Merupakan tanah timbunan
0,5 - 0,5	Merupakan tanah jenis lempung kelanauan dengan tingkat konsistensi <i>medium to stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 4
3,5 - 23,5	Merupakan tanah jenis lanau kelempungan dengan konsistensi <i>stiff to very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 9 - 34
23,5 - 28	Merupakan tanah jenis lanau kepasiran dengan tingkat konsistensi <i>very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 21 - 23
28 - 38	Merupakan tanah jenis lempung dan lanau dengan tingkat konsistensi <i>stiff to very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 17 - 27
38 - 40	Merupakan tanah jenis lempung kepasiran dengan tingkat konsistensi <i>very stiff</i> . Lapisan di kedalaman ini memiliki nilai N-SPT 24 - 27

Pada bangunan dengan beban ringan maka pemakaian jenis pondasi dangkal dapat diterapkan selama beban yang bekerja masih lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai daya dukung ijin tanah dasar. Pada area eksisting secara umum nilai daya dukung ijin tanah untuk jenis pondasi dangkal di kedalaman -2,00 m adalah sebesar 0,45 kg/cm². Pemakaian jenis pondasi dangkal akan sangat beresiko terjadinya penurunan.

Pada konstruksi bangunan dengan beban medium hingga berat maka disarankan agar memilih jenis pondasi dalam. Jenis pondasi dalam dapat berupa pondasi tiang pancang (*driven piles*) atau pondasi tiang bor (*boredpile*). Pemilihan jenis pondasi yang akan dipergunakan sangat bergantung pada situasi dan kondisi lingkungan sekitar proyek.

Pemakaian jenis pondasi dalam baik berupa tiang pancang maupun tiang bor akan sangat efektif untuk menghindari terjadinya efek penurunan dalam jangka panjang. Apabila dipergunakan jenis pondasi tiang pancang (*driven pile*) maka perlu dipertimbangan efek dari pelaksanaan pekerjaan pemancangan terhadap bangunan eksisting disekitarnya.

3.3 Pipe Stress Analysis (PSA)

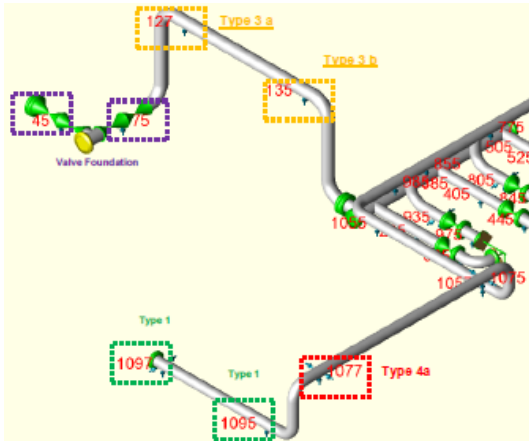
Beban yang akan dimasukkan kedalam struktur *pipe support* diantaranya beban mati, beban pipa, beban angin, beban gempa, dan beban kombinasi. Beban mati yaitu berat dari struktur *pipe support* yang digunakan. Pada *software staadpro selfweight*. Beban pipa didapat dari simulasi *software Caesar II*, outputnya terdiri dari beban pipa pada saat kosong (*empty load*), pada saat beroperasi (*operation load*), dan pada saat diisi air penuh (*hydrotest load*). Berat beban pipa merupakan beban sustain sehingga pipa memerlukan penyangga (Mahardika, 2017). Gambar 4 menunjukkan model 3 dimensi *Pipe Stress Analysis* Stasiun PGN untuk tipe 1, 3a, 3b, dan tipe 4a, sedangkan Gambar 5 menunjukkan tipe 4b. Tabel 5 dan Tabel 6 berturut-turut menunjukkan hasil dari simulasi yang dilakukan.

Tabel 5. PSA Stasiun PGN

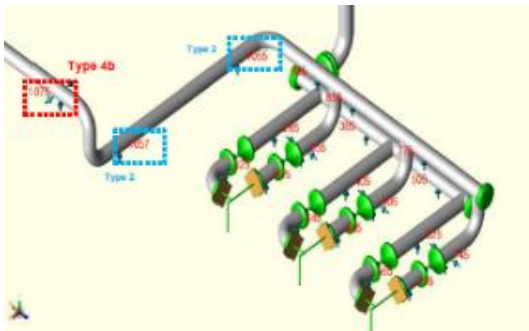
Node 1077	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	BOP
Hydrotest	0	-2654,84	0	+4,694 (a)
Operation	0	-1855,28	-2111,43	
Empty	0	-1364,28	0	
Node 127&135	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	BOP
Hydrotest	0	-6167,67	0	+3,000 (a & b)
Operation	0	-7858,88	0	
Empty	0	-3362,83	0	
Node 1075	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	BOP
Hydrotest	0	-2581,73	0	+4,694 (b)
Operation	0	2015,99	569,11	
Empty	0	1324,41	0	

Tabel 6. PSA Stasiun Pertagas

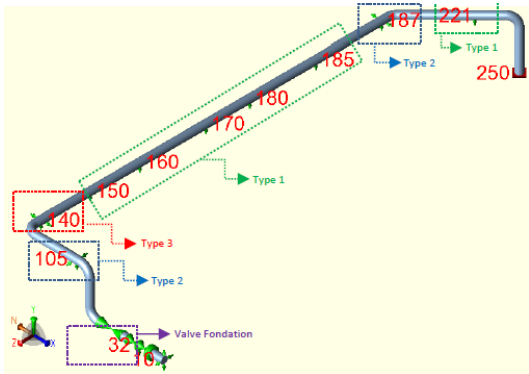
Node 150-221	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	BOP
Hydrotest	5,40	-2894,78	14,89	+4,500 (Type 1)
Operation	-115,53	-1830,91	182,73	
Empty	2,35	-1215,91	6,32	
Node 105&187	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	BOP
Hydrotest	4,28	-3840,78	16,32	+4,500 (Type 2)
Operation	2404,70	-1998,55	-557,18	
Empty	1,94	-1546,81	7,34	
Node 140	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	BOP
Hydrotest	-4,18	-2224,52	-3,67	+4,500 (Type 3)
Operation	2936,28	-1579,24	-157,85	
Empty	-1,84	-951,09	1,63	



Gambar 4 3D Model PSA Stasiun PGN Tipe 1, 3a, 3b, dan 4a



Gambar 5 3D Model PSA Stasiun PGN Tipe 4b



Gambar 6 3D Model PSA Stasiun Pertagas

3.4 Beban Angin

Beban angin menggunakan standar ASCE 7-05.

- Basic wind speed $V = 35 \text{ m/s}$
- Importance factor $I = 1,5$
- Exposure category C
- Velocity Pressure exposure coefficient $K_z = 0,85$
- Topographic Factor $K_{zt} = 1$
- Wind directional factor $K_d = 0,85$
- Velocity Pressure, $q_z = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I = 813,8 \text{ N/m}^2$
- Gust effect Factor $G = 0,85$
- Force Coefficient $C_f = 1,8 \text{ for pipe support}$

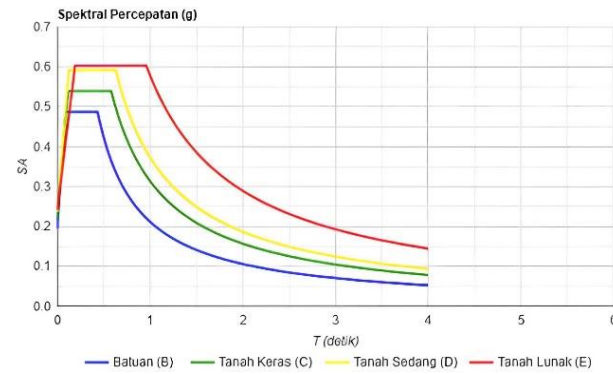
3.5 Beban Gempa

Beban gempa mengacu pada SNI 1726-2012/ ASCE 7-10, IBC 2012. Parameter gempa diperoleh dari puskim sesuai lokasi proyek yaitu di Bitung, Tangerang. Berikut parameteranya pada Tabel 7. Grafik respons spektrum berikut ini juga merupakan parameter beban gempa yang

melampirkan berbagai jenis tanah dari batuan, tanah keras, tanah sedang, hingga tanah lunak seperti pada Gambar 7.

Tabel 7. Parameter beban gempa

PGA (g)	= 0,381	PSA (g)	= 0,388
S _s (g)	= 0,730	S _{MS} (g)	= 0,809
S ₁	= 0,318	S _{M1} (g)	= 0,472
C _{RS}	= 0,998	S _{DS} (g)	= 0,539
C _{RI}	= 0,939	S _{D1} (g)	= 0,314
F _{GPA}	= 1,019	T ₀ (detik)	= 0,117
FA	= 1,108	T _S (detik)	= 0,583
FV	= 1,482		



Gambar 7 Grafik Respon Spektrum Bitung Tangerang

3.6 Beban Kombinasi ASD dan LRFD

Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan beban kombinasi dengan berbagai macam kasus. Metode ASD digunakan untuk menganalisis pondasi, LRFD untuk menganalisis struktur baja dan penulangan beton yang nantinya akan diinput terlebih dahulu simulasi *staadpro* dilakukan.

Tabel 8. ASD

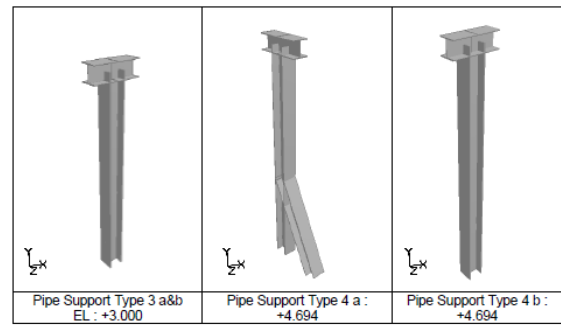
LC	Deskripsi	
201	1D+1PE	
202	1D+1PE+0,6W _x	
203	1D+1PE+0,6W _z	
204	1D+1PE+1V _x +0,3V _z	
205	1D+1PE+1V _z +0,3V _x	
EMPTY	206	0,6D+0,6PE+0,6W _x
	207	0,6D+0,6PE+0,6W _z
	208	0,6D+0,6PE+0,6V _x
	209	0,6D+0,6PE+0,6V _z
210	1D+1PO	
211	1D+1PO+0,6W _x	
212	1D+1PO+0,6W _z	
213	1D+1PO+1V _x +0,3V _z	
214	1D+1PO+1V _z +0,3V _x	
OPERATION	215	0,6D+0,6PO+0,6W _x
	216	0,6D+0,6PO+0,6W _z
	217	0,6D+0,6PO+0,6V _x
	218	0,6D+0,6PO+0,6V _z
TEST	219	1D+1PT
	220	1D+1PT+0,25W _x

221	1D+1PT+0,25Wz
-----	---------------

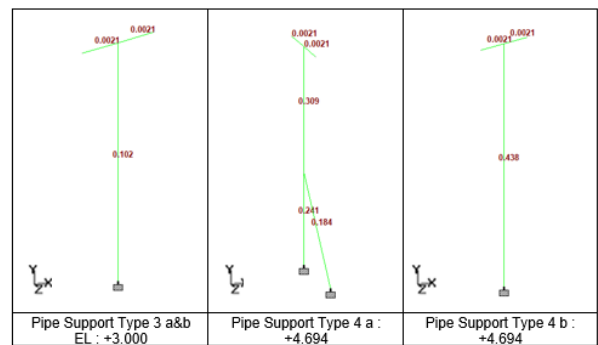
Type 4 b	13,96	4694	15,64	OK
----------	-------	------	-------	----

Tabel 9. LRFD

LC	Deskripsi	
EMPTY	301	1,4D
	302	1,2D+1,2PE
	303	1,2D+1,2PE+1Wx+0,3Wz
	304	1,2D+1,2PE+1Wz+0,3Wx
	305	0,9D+0,9PE+1Wx+0,3Wz
	306	0,9D+0,9PE+1Wz+0,3Wx
OPERATION	307	1,4D
	308	1,2D+1PO
	309	1,2D+1PO+1,6Wx
	310	1,2D+1PO+1,6Wz
	311	1,2D+1PO+1Vx
	312	1,2D+1PO+1Vz
	313	0,9D+1PO+1,3Wx
	314	0,9D+1PO+1,3Wz
	315	0,9D+1PO+1Vx
	316	0,9D+1PO+1Vz
TEST	317	1,2D+1PT
	318	1,2D+1PT+0,25Wx
	319	1,2D+1PT+0,25Wz
	320	1,2D+1,2PE



Gambar 8 3D Model Pipe Support Stasiun PGN



Gambar 9 Rasio Pipe Support Stasiun PGN

3.3. Profil Struktur

Pemilihan profil struktur didasarkan pada nilai rasio dan defleksi yang terjadi. Setelah dicoba menggunakan metode *trial and error* pada profil H-200x200x8x12 dan H-250x250x9x14 nilai rasio dan defleksi yang terjadi melebihi syarat yang diijinkan. Profil H-300x300x10x15 memiliki nilai rasio $0.502 < 1.000$ dan defleksi $14.85 < 15.00$ yang merupakan profil yang memenuhi syarat yang diijinkan. Maka dari itu pemilihan profil yang efisien adalah H-300x300x10x15 dengan ketinggian struktur masing - masing menyesuaikan BOP (*Bottom Of Pipe*). Nilai rasio dan defleksi dijelaskan pada sub bab 3.4.1 dan 3.4.2.

Pada area Stasiun PGN, terdapat 3 tipe *pipe support* yang akan dianalisis yaitu ketinggian 3 meter dan 4,694 meter (a & b) dari elevasi 0+000 seperti pada Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10 dan Tabel 10 dan Tabel 11.

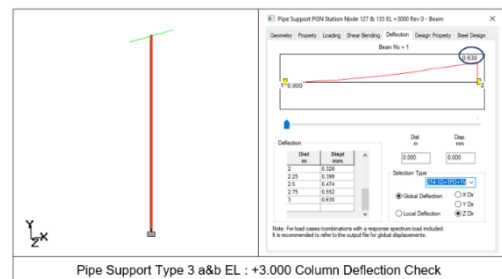
Di area Stasiun Pertagas, terdapat 3 tipe *pipe support* yaitu ketinggian 4,5 meter dari elevasi 0+000 seperti pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 Tabel 12, Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 10. Nilai Rasio Pipe Support Stasiun PGN

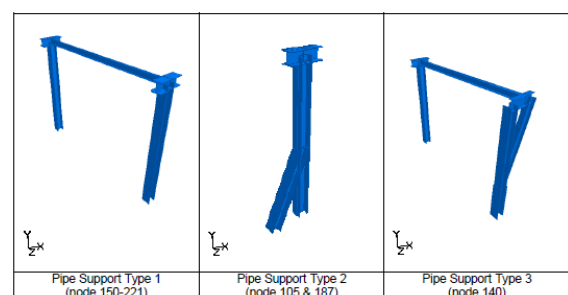
Pipe Support	Maximum Ratio	Allowable	Check
Type 3 a&b	0,102	1,000	OK
Type 4 a	0,309	1,000	OK
Type 4 b	0,438	1,000	OK

Tabel 11. Nilai Defleksi Pipe Support Stasiun PGN

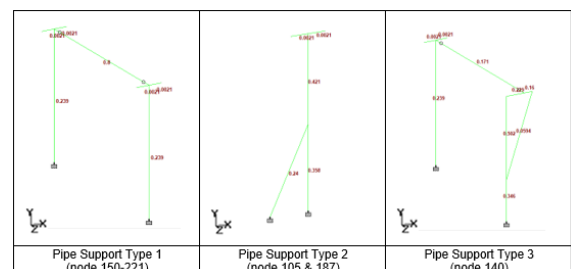
Pipe Support	Maximum Deflection (mm)	H	Allowable H/300 (mm)	Check
Type 3 a&b	0,63	3000	10,00	OK
Type 4 a	5,849	4694	15,64	OK



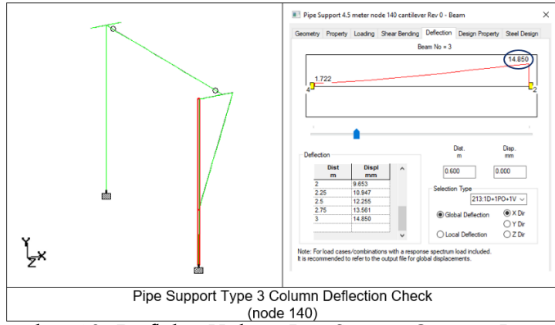
Gambar 10 Defleksi Pipe Support Stasiun PGN



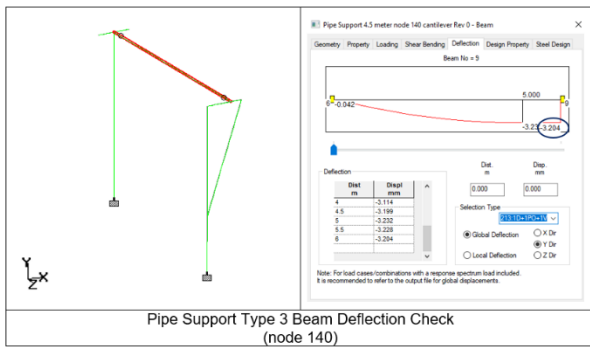
Gambar 11 3D Model Pipe Support Stasiun Pertagas



Gambar 12 Rasio Pipe Support Stasiun Pertagas



Gambar 13 Defleksi Kolom *Pipe Support* Stasiun Pertagas



Gambar 14 Defleksi Balok *Pipe Support* Stasiun Pertagas

Tabel 12. Nilai Rasio *Pipe Support* Stasiun Pertagas

Pipe Support	Maximum Ratio	Allowable	Check
Type 1	0,800	1,000	OK
Type 2	0,421	1,000	OK
Type 3	0,502	1,000	OK

Tabel 13. Nilai defleksi kolom *Pipe Support* Stasiun Pertagas

Pipe Support	Maximum Deflection (mm)	H (mm)	Allowable H/300 (mm)	Check
Type 1	7,25	4500	15,00	OK
Type 2	8,06	4500	15,00	OK
Type 3	14,85	4500	15,00	OK

Tabel 14. Nilai Defleksi Balok *Pipe Support* Stasiun Pertagas

Pipe Support	Maximum Deflection (mm)	L (mm)	Allowable L/240 (mm)	Check
Type 1				
Horizontal Beam	2,16	6000	25,00	OK
Type 3				
Horizontal Beam	3,20	6000	25,00	OK
Type 3				
Cantilever Beam	3,20	1000	4,17	OK

3.4. Pondasi

Pemilihan jenis pondasi untuk *pipe support* di kedua lokasi menggunakan pondasi dalam, baik *squarepile* maupun *boredpile*. Karena area kedua stasiun di dalam tanah banyak utilitas pipa *underground*, jadi tidak memungkinkan bila menggunakan pondasi *footplate* dengan tapak yang lebar. Ukuran tiang telah ditentukan *squarepile* 25x25x600 dan *boredpile* diameter 50x400 di Stasiun PGN dan *boredpile* diameter 50x800 di Stasiun Pertagas.

a. *Squarepile* 25x25x600 *compression capacity* DB-3

$$q_c = n \times N ; n = 2 ; N = 14 \text{ kedalaman } 6 \text{ m}$$

$$= 2 \times 14 = 28$$

$$f_s = N / n_f ; n_f = 25$$

$$= 14 / 25 = 0,56$$

$$q_a = (q_c \times A_b + f_s \times A_p \times L) / 3$$

$$= (28 \times 625 + 0,56 \times 100 \times 600) / 3$$

$$= 17033,3 \text{ kg}$$

$$= 17 \text{ ton}$$

b. *Squarepile* 25x25x600 *lateral capacity* DB-3

$$S = 0,25 \text{ m} ; L = 6 \text{ m} ; k_h = 25000 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 30277632 \text{ kN/m}^2 ; I_c = 0,000326 \text{ m}^4$$

$$e = 0,10 \text{ m} ; \gamma_0 = 0,006$$

$$\beta = [k_h \cdot D / (4 \cdot E_c \cdot I_c)]^{0,25} = 0,631 \text{ m}$$

$$\beta L = 3,79 > 2,5, \text{ maka termasuk tiang panjang}$$

$$H = \gamma_0 \cdot k_h \cdot S / [2 \cdot \beta \cdot (e \cdot \beta - 1)] = 2,79 \text{ ton}$$

Faktor reduksi $\phi = 0,6$

Tahanan lateral tiang pancang $\phi \cdot H_n = 1,67 \text{ ton}$

c. *Boredpile* diameter 50x400 *compression capacity* DB-3

N = 14 (kedalaman 4 m)

$q_a = 19 \text{ ton}$

d. *Boredpile* diameter 50x400 *lateral capacity* DB-3

Tahanan lateral *boredpile* = 2,93 ton

e. *Boredpile compression capacity* 50x800 BH-1

Berdasarkan laporan *soil investigasi* BH1 di lokasi Stasiun Pertagas, kapasitas tekan *boredpile* diameter 50 cm kedalaman 8 meter adalah 29,4 ton

f. *Boredpile lateral capacity* 50x800 BH-1

Tahanan lateral *boredpile* = 5,04 ton

Tabel 15 dan Tabel 16 adalah reaksi tumpuan dari masing-masing tipe *pipe support* dari hasil *running staadpro* untuk mengetahui rasio kapasitas tiang pancang. Pondasi *pipe support* di area Pertagas juga dianalisis rasio dari tiang pancang terhadap reaksi tumpuan masing-masing tipe *pipe support* seperti pada Tabel 17 dan Tabel 18 sebagai berikut.

Tabel 15. *Compression/ Bearing Capacity Check* pada Stasiun PGN

Pipe Support	Max Reaction Fy (ton)	n Pile (ea)	Allowable Compression (ton)	Ratio	Check
Type 3 a	8,22	1	17,00	0,48	OK
Type 3 b	8,22	1	19,00	0,43	OK
Type 4 a	12,25	2	34,00	0,36	OK
Type 4 b	3,10	1	17,00	0,18	OK

Tabel 16. *Sliding and Overtuning Check* pada Stasiun PGN

Pipe Support	Max Reaction Fh (ton)	n Pile (ea)	Allowable Lateral (ton)	Ratio	Check
Type 3 a	0,10	1	1,67	0,06	OK
Type 3 b	0,10	1	2,93	0,03	OK
Type 4 a	2,10	2	3,34	0,63	OK
Type 4 b	0,71	1	1,67	0,43	OK

Tabel 17. *Compression/Bearing Capacity Check* pada Stasiun PGN

Pipe Support	Max Reaction Fy (ton)	Allowable Compression (ton)	Ratio	Check
Type 1	3,51	29,40	0,12	OK
Type 2	2,73	29,40	0,09	OK
Type 3	3,16	29,40	0,11	OK

Tabel 18. *Sliding and Overtuning Check*

Pipe Support	Max Reaction Fh (ton)	Allowable Lateral (ton)	Ratio	Check
Type 1	0,34	5,04	0,07	OK
Type 2	2,60	5,04	0,52	OK
Type 3	3,16	5,04	0,63	OK

3.5. Penulangan *Boredpile*

Min tulangan yang dibutuhkan = 1%
 Luas area permukaan tiang (Ap) = $0,25 \times 3,14 \times 0,5^2$
 = 196250 mm^2
 Luas min area besi tulangan (As) = $196250 \times 0,01$
 = $1962,5 \text{ mm}^2$
 Diameter tulangan (Do) = 19 mm
 Luas tulangan = 284 mm^2
 Jumlah besi yang dibutuhkan = $1962,5 / 284 = 8 \text{ ea}$
 Maka besi tulangan vertikal yang digunakan 8-D19

4 KESIMPULAN

Mengacu pada hasil soil investigasi kedalaman pondasi *pipe support* 4-6 meter di Stasiun PGN merupakan tanah dengan konsistensi stiff to very stiff, di Stasiun Pertagas kedalaman pondasi *pipe support* 8 m merupakan tanah dengan konsistensi stiff. Kedua kedalaman rencana cukup ideal untuk kedudukan pondasi. Daya dukung pondasi *squarepile* dan *boredpile* di Stasiun PGN dan Stasiun Pertagas memenuhi standar yang diizinkan dari masing-masing kedalaman. Nilai rasio dan defleksi dari profil struktur baja memenuhi standar yang diizinkan. Rasio 1.00 dan defleksi H/300 atau L/240. Pemilihan jenis pondasi dan profil struktur bergantung pada kondisi lapangan. Di Stasiun PGN *pipe support* tipe (3b) menggunakan pondasi *boredpile* karena alat HSPD sulit menjangkau titik rencana. Di Stasiun Pertagas, *pipe support* tipe (3) bentuk kantilever karena di *underground* terdapat utilitas pipa gas sehingga titik rencana digeser dari as *pipeline*.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Wijayakusuma Puwokerto dan Pertamina Gas Negara atas dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

6 DAFTAR PUSTAKA

ASCE, 2005, ASCE 7-05 : *Minimum Design Loads for Buildings and other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston.
 ASCE, 2005, ASCE 7-10 : *Minimum Design Loads for Buildings and other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston.

Cahya, Heppy Nur., 2015, Studi Analisis Perbandingan Metode Allowable Stress Design (ASD) dan Load and Resistance Factor Design (LRFD) Pada Struktur Gable Frame di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang. Skripsi thesis, ITN Malang.

Dongoran, K., dan Koswara, K., 2021, Analisa Tegangan Pipa Untuk 20" Steam Piping Menggunakan Software Caesar II, Jurnal Indonesia Sosial Teknologi, Vol. 2, No. 6, 972-979.

Dwiretnani, Annisa., 2019, Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi, Jurnal Talenta Sipil, Vol. 2, No. 2, 67-88.

Gu, T., Zhang, Q., Lian, Z., Yu, H., & Chen, J. 2021. Research and application of equivalent pipe model in stress analysis of lined pipe systems. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 192. doi:10.1016/j.ijpvp.2021.104418

Long, Steven., Iskandar, Ali., dan Leman, Sunsrjo., 2019, Analisis Daya Dukung Tiang Bor Aksial, Lateral, Dan Penurunan Pada Tanah Clay Shale Di Sentul, Bogor, Jurnal Mitra Teknik Sipil, Vol. 2, No.3, 125-134.

Mahardika, Pekik., 2017, Penentuan Allowable Span Antar Penyangga Pipa SLF Berdasarkan Tegangan, Defleksi, Frekuensi Alami, Jurnal IPTEK, Vol. 21, No. 2, 27-34.

Marianti, Afriza., Indra, Sudirman., dan Megananda, Silvia., 2020, Studi Alternatif Perencanaan Struktur Bawah Gedung Menggunakan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus Gedung Pascasarjana Unisma), Jurnal Sondir, Vol. 4, No.1, 1-10.

Meyerhof, G. G., 1976, Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations, *Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, Vol. 102, No. GT3, pp. 197-228.

Saputra, Irsan., Saputra, Hendra., dan Gemala, Mega., 2020, Analisa Rancangan Pipe Support Pada Aliran Fuel Gas Menggunakan Auto Pipe, Jurnal Teknologi dan Riset Terapan, Vol. 2, No. 2, 80-85

Sarno, L. D., & Karagiannakis, G. 2019. Petrochemical Steel Pipe Rack: Critical Assessment of Existing Design Code Provisions and a Case Study. *International Journal of Steel Structures*, 20, 232-246.

