STUDI GERAKAN TANAH AKIBAT PEMANCANGAN TIANG FONDASI (*SQUARE PILE*) STUDI KASUS PADA PEMBANGUNAN TERMINAL PENUMPANG BANDARA SUPADIO PONTIANAK

Erna Yulianti[1)], Indrayani[2)]

Abstrak

Pertumbuhan penumpang Bandara Supadio Pontianak saat ini dari tahun ke tahun semakin meningkat yang menjadikan Terminal Penumpang Bandara Supadio sudah tidak mampu lagi menampung jumlah penumpang yang semakin meningkat, sehingga diperlukan pengembangan kawasan Bandara Supadio untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pelayanan bandara. Dalam pengembangan Terminal Penumpang Bandara Supadio, dilakukan pekerjaan pemancangan fondasi tiang persegi (*square pile*) dengan menggunakan alat pancang HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) tipe 120 T. Pergeseran alat HSPD dan proses pemancangan tiang menimbulkan masalah gerakan tanah yang mempengaruhi bangunan yang ada di sekitar lokasi pembangunan, khususnya gedung VIP bandara yang berjarak 2 m dari titik fondasi dan masih terus digunakan bagi penumpang VIP. Gerakan tanah yang terjadi akibat pergeseran alat dan proses pemancangan dihitung besarannya dengan menggunakan program Plaxis 8, dengan menganalisis data tanah, data berat alat HSPD, data tiang serta data gedung VIP bandara. Hasil yang didapat dari simulasi data yang dilakukan memperlihatkan telah terjadi gerakan tanah yang mengakibatkan penurunan struktur bangunan gedung VIP akibat pemancangan tiang dan akibat mobilisasi alat pancang HSPD 120 T. Pengaruh gerakan tanah tersebut membuat bangunan gedung VIP Bandara Supadio Pontianak mengalami kerusakan yang cukup parah sehingga harus dilakukan perbaikan pada stuktur kolom, dinding dan lantai bangunan supaya gedung tersebut dapat tetap digunakan untuk melayani penumpang VIP.

Kata-kata kunci: gerakan tanah, fondasi *square pile*, Plaxis 8

1. PENDAHULUAN

Bandar udara merupakan pintu gerbang kegiatan perekonomian nasional dan internasional serta tempat alih moda transportasi. Dalam kegiatan operasinya terjadi berbagai interaksi antarkomponen utama yaitu pengelola bandar udara, operator penerbangan dan pengguna jasa. Seiring dengan semakin meningkatnya frekuensi penerbangan dan penggunaan berbagai jenis pesawat udara maka diperlukan kehandalan fasilitas sarana dan prasarana di bandar udara guna menunjang keselamatan penerbangan dan untuk menjamin rasa aman, serta nyaman bagi pengguna jasa bandar udara.

Dilihat dari segi keselamatan penerbang-an, lokasi bandara yang cukup jauh dari gedung-gedung tinggi membuat KKOP sangat terpenuhi, sebagai upaya untuk mengurangi resiko kecelakaan pesawat/ penerbangan. Arus arah menuju bandar udara sangat lapang bagi kendaraan, karena tidak melewati pusat keramaian

1) Staf BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kota Pontianak
2) Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

(menuju luar kota). Dari sini dapat dilihat bahwa lokasi Bandara Supadio cukup strategis sebagai jalur fungsional. Bandar Udara Supadio saat ini melayani penerbangan, baik internasional maupun domestik.

Dalam pembangunan terminal penumpang Bandara Supadio Pontianak digunakan fondasi tiang pancang persegi pracetak yang pada proses pengerjaannya mengakibatkan adanya gerakan tanah pada lokasi pembangunan tersebut. Penelitian ini mengkaji seberapa besar gerakan tanah akibat pemancangan tiang fondasi tersebut dan seberapa besar pengaruh pergerakan tanah tersebut terhadap bangunan *existing* yang ada sehingga bangunan tersebut tetap dapat beroperasi dan memberikan kenyaman pada penggunanya.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengevaluasi kondisi gerakan tanah akibat pekerjaan pemancangan fondasi dan mobilsasi alat pancang HSPD.
2. Untuk mengetahui apakah bangunan yang ada di sekitar, khususnya gedung VIP Bandara, masih layak untuk beroperasi dan dalam kondisi aman serta masih memberikan kenyamanan untuk digunakan.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Studi kasus pada terminal penumpang Bandara Supadio Pontianak.
2. Analisis yang dilakukan adalah studi gerakan tanah yang terjadi akibat pemancangan fondasi tiang pancang dan mobilisasi alat pancang HSPD 120 T terhadap bangunan gedung VIP bandara.
3 Gerakan tanah yang dimaksud dalam penelitian ini dikhususkan pada gerakan penurunan (*settlement*) tanah dan tidak menganalisis gerakan tanah lateral.
4. Dalam pengolahan data, dilakukan interpretasi terhadap data lapangan melalui uji laboratorium. Pembebanan struktur tiang pancang dan alat pancang bertujuan untuk keperluan *input* simulasi pada program Plaxis 8.
5. Gerakan tanah yang terjadi dihitung dengan cara simulasi data sekunder akibat mobilisasi alat pancang HSPD dan setelah pemancangan fondasi tiang pancang terhadap bangunan *existing* gedung VIP Bandara Supadio Pontianak.
6. Kondisi dan batasan pada proses simulasi:
    a. Pemodelan pada Plaxis terbatas pada daerah yang dilakukan pengukuran data tanah dan dimodelkan secara dua dimensi.
    b. Dalam analisis, pengaruh gerakan tanah akibat gempa tidak diperhitungkan.
    c. Dalam simulasi dengan Plaxis, tanah diasumsikan sebagai model Mohr-Coulomb dengan lima parameter *input* utama, yaitu ϕ (sudut geser-dalam tanah), c (kohesi), γ (berat jenis material tanah dalam kondisi

basah maupun kering), *k* (koefisien permeabilitas) dan *E* (modulus elastisitas).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gerakan Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1991).

Gerakan tanah adalah perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, datar, atau miring dari kedudukannya semula, yang terjadi bila ada gangguan kesetimbangan pada saat itu. Gerakan tanah merupakan suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi baru akibat gangguan keseimbangan terhadap tanah yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat ulah manusia. Pergerakan tersebut meliputi perpindahan material tanah, berupa batuan, bahan timbunan, tanah atau material campuran tersebut.

Dalam keadaan tidak terganggu (alamiah), tanah atau batuan umumnya berada dalam keadaan seimbang terhadap gaya-gaya yang timbul dari dalam. Apabila mengalami perubahan keseimbangan maka tanah atau batuan itu akan berusaha untuk mencapai keadaan keseimbangan yang baru secara alamiah. Cara ini berupa proses degradasi atau pengurangan beban, terutama dalam bentuk longsoran atau gerakan lain sampai tercapai keadaan keseimbangan yang baru.

Tanah sebagai media pendukung fondasi mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan jenis dan keadaan tanahnya. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah adalah ukuran butiran, berat jenis, kadar air, kerapatan, dan angka pori, dan lain sebagainya yang kesemuanya dapat diketahui melalui penyelidikan laboratorium.

Tanah mempunyai sifat kemampatan yang sangat besar jika dibandingkan bahan konstruksi seperti baja atau beton. Hal ini disebabkan tanah mempunyai rongga pori yang besar, sehingga apabila dibebani melalui fondasi maka akan mengakibatkan perubahan struktur tanah (deformasi) dan terjadi penurunan fondasi. Jika penurunan yang terjadi terlalu besar maka dapat mengakibatkan kerusakan pada konstruksi di atasnya. Berbeda dengan bahan-bahan konstruksi yang lain, karakteristik tanah ini didominasi oleh karakteristik mekanisnya seperti kekuatan geser dan permeabilitas (kemampuan mengalirkan air).

2.2 Konsolidasi dan Penurunan

2.2.1 Konsolidasi

Konsolidasi dapat diartikan sebagai suatu peristiwa pemampatan (*compression*) karena mendapat beban dari atasnya secara tetap/kontinyu yang diakibatkan oleh suatu konstruksi atau timbunan tanah sehingga terjadi proses pengeluaran

air dari pori-porinya. Keadaan ini bisa terjadi apabila tanah dalam keadaan jenuh atau hanya sebagian saja yang jenuh. (Prabandiyani, dkk, 2004).

Tanah butir kasar (*granular soil*) terutama pasir akan mengalami kejadian konsolidasi yang cepat dan penuh apabila mendapat tekanan (beban) sehingga grafiknya akan menurun tajam, akhirnya berhenti dan lurus horisontal.

2.2.2 Penurunan

Istilah penurunan menunjukkan amblesnya suatu bangunan akibat kompresi dan deformasi lapisan tanah di bawah bangunan. Penurunan (*settlement*) akan terjadi jika suatu lapisan tanah mengalami pembebanan. Penurunan juga dipengaruhi oleh sebaran tanah lunak atau lempung yang terdapat di bawah permukaan pada dataran aluvial.

Penurunan akibat beban adalah jumlah total penurunan segera (*immediate settlement*) dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*). Secara umum, penurunan pada tanah akibat beban yang bekerja pada fondasi dapat diklasifikasikan dalam dua jenis penurunan, yaitu:

a. Penurunan seketika, yaitu penurunan yang langsung terjadi begitu pembebanan bekerja atau dilaksanakan, biasanya terjadi berkisar antara 0 – 7 hari dan terjadi pada tanah lanau, pasir dan tanah liat yang mempunyai S_r (derajat kejenuhan) < 90%.

b. Penurunan konsolidasi, yaitu penurunan yang diakibatkan keluarnya air dalam pori tanah akibat beban yang bekerja pada fondasi yang besarnya 33 ditentukan oleh waktu pembebanan dan terjadi pada tanah jenuh (S_r = 100%) atau yang mendekati jenuh (S_r = 90% – 100%) atau pada tanah berbutir halus, yang mempunyai harga $k \leq 10^{-6}$ m/s.

Terzaghi (1925) memperkenalkan teori konsolidasi satu arah (*one way*) yang pertama kali untuk tanah lempung jenuh air. Teori ini menyajikan cara penentuan distribusi kelebihan tekanan hidrostatis dalam lapisan yang sedang mengalami konsolidasi pada sembarang waktu setelah bekerjanya beban.

Beberapa asumsi dasar dalam analisis konsolidasi satu arah, antara lain tanah bersifat homogen, tanah jenuh sempurna (S_r = 100%), partikel/butiran tanah dan air bersifat inkompresibel (tak termampatkan), arah pemampatan dan aliran air pori terjadi hanya dalam arah vertikal. Ketebalan lapisan tanah yang diperhitungkan adalah setebal lapisan tanah lempung jenuh air yang ditinjau.

2.3 Fondasi

Istilah fondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefenisikan suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Untuk itu, fondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja, gaya-gaya luar

seperti tekanan angin dan gempa bumi. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diizinkan.

2.4 Plaxis

Plaxis (*Finite Element Code for Soil and Rock Analysis*) adalah program pemodelan dan *postprocessing* metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil. Plaxis versi 8 menyediakan berbagai analisis teknik tentang *displacement*, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisis.

Plaxis dapat digunakan untuk melakukan permodelan dan analisis semua permasalahan geoteknik seperti *slope stability*, *seepage* dan konsolidasi. Selain itu, Plaxis juga dapat memodelkan dan menganalisis struktur geoteknik dan interaksi tanah dengan struktur seperti fondasi dangkal, fondasi dalam, dinding penahan tanah, angkur (*anchor*) dan sebagainya. Yang perlu diperhatikan dalam penggunaan Plaxis adalah pengguna harus menguasai teori dan konsep mengenai mekanika tanah dan rekayasa fondasi. Hal ini sangat penting karena Plaxis akan tetap melakukan kalkulasi dan keluaran (*output*) meskipun data yang dimasukkan (*input*) tidak benar.

Secara garis besar, tahapan permodelan dan analisis menggunakan Plaxis terdiri dari:
– *General setting*
– *Geometry*
– *Material properties*
– *Initial condition*
– *Calculation*

3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian dituangkan ke dalam diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data *existing* gedung VIP Bandara Supadio, sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi tiang pancang

Ukuran (cm)	Tipe	Panjang (m)	Berat (kg/cm)	Luas (cm^2)	Beban aksial (ton)		Momen (ton m)		Beban tarik izin (ton)
					Izin	Nominal	Izin	Nominal	
30 × 30	A	6 – 12	225	900	118	306,3	2,24	4,53	24,5
	B	6 – 13			116,3	302,6	2,55	5,67	30,6
	C	6 – 15			113,3	295,9	3,09	7,67	41,4
	D	6 – 18			111	290,9	3,50	9,20	49,7

– Bangunan struktur beton satu lantai
– Perkuatan fondasi menggunakan cerucuk ∅10 cm – 10 m
– Lebar bangunan 10 m
– Panjang bangunan 12 m.

Gedung VIP Bandara Supadio dalam analisis program Plaxis ini dimodelkan dengan menggunakan balok dan pelat, sebagai berikut :
– Balok ukuran 20/40 cm
– Plat lantai tebal 12 cm
– Kolom ukuran 25/25 cm
– Material beton K-225 (f_c' = 18 MPa)

Tabel 2. Spesifikasi teknis alat pancang HSPD kapasitas 120 ton

No	Deskripsi	Berat (ton)	
1	Unit machine	18,10	18,10
2	Pressing cylinder + beam	0,91	1,82
3	Longitudinal shift mechanism	5,60	11,20
4	Transverse shift mechanism	6,05	12,10
5	Pile clamping box	3,06	3,06
6	Elevating mechanism	1,15	4,60
7	Counter weight beam	0,86	1,72
8	Counter weight type F	3,00	78,00
9	Side pile beam	0,66	1,32
Total		131,92	

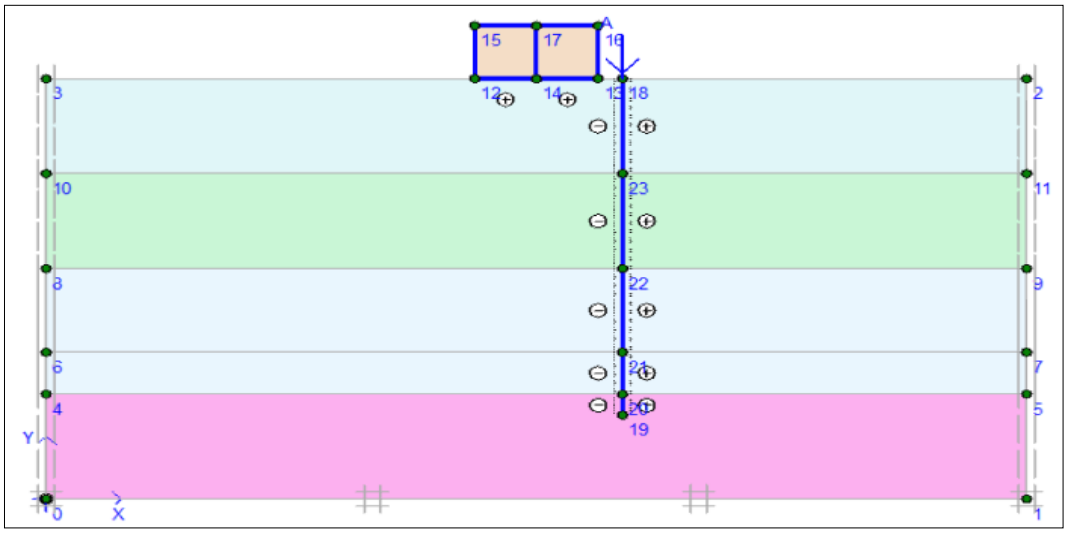
– Poisson rasio ν = 0,2.

Tiang fondasi yang dipakai sebagai fondasi gedung Terminal Penumpang Bandara Supadio Pontianak adalah tiang pancang beton persegi pracetak (PC *square pile*). Spesifikasi PC *square pile* disajikan pada Tabel 1 (Arconindo, 2013). Pada saat konstruksi, digunakan alat pancang/*jacking pile* HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) kapasitas 120 ton dengan spesifikasi pada Tabel 2.

4.2 Simulasi dengan Metode Elemen Hingga

4.2.1 Pemancangan Tiang di Dekat Gedung VIP

Seperti terlihat pada Gambar 2, struktur bangunan *existing* yaitu gedung VIP bandara hanya berjarak 2 m dari tiang pancang. Data *input* untuk struktur tiang pancang disajikan pada Tabel 3. Data *input* untuk gedung VIP bandara disajikan pada Tabel 4. *Material data sets* pada pemodelan ini menggunakan lima lapisan tanah dengan *input* seperti pada Tabel 5. Nilai E dan ν diambil berdasarkan pendekatan empiris sesuai dengan konsistensi tanah yang terdapat di lokasi pekerjaan.



Gambar 2. Geometri FEM dengan tiang pancang

Tabel 3. *Input* data parameter struktur tiang pancang

Elemen	Dimensi (cm)	A (m^2)	I (m^4)	E_c (kN/m^2)	EA (kN)	EI (kN m^2)	w (kN)
Tiang pancang	30/30	0,09	0,00068	27081137	2437302	18279,768	2,16

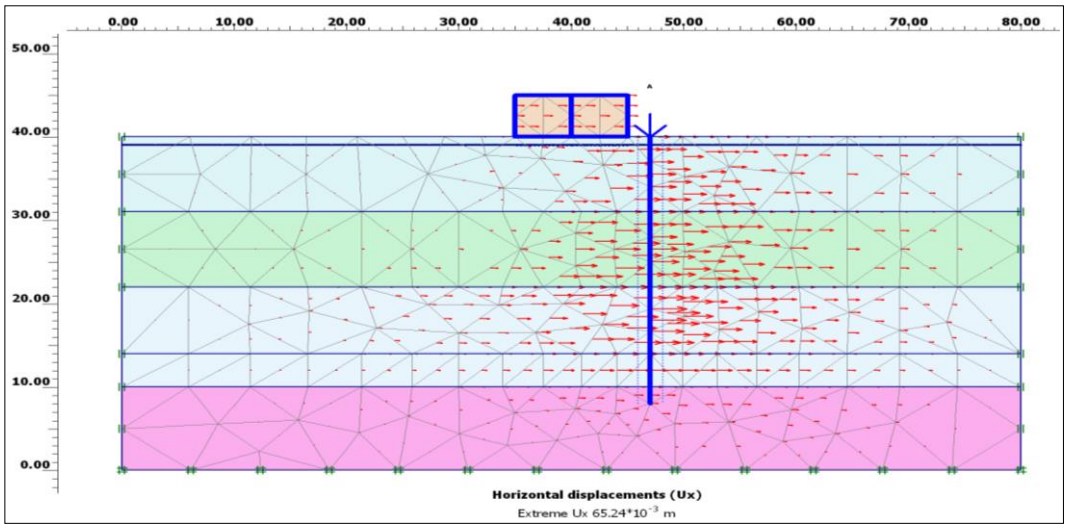
Tabel 4. *Input* data struktur bangunan VIP

Elemen	Dimensi (cm)	A (m^2)	I (m^4)	E_c (kN/m^2)	EA (kN)	EI (kN m^2)	w (kN)
Balok	20/40	0,08	0,00107	20310853	1624868,2	21664,9099	1,92
Kolom	25/25	0,0625	0,00033	20310853	1269428,3	6611,6058	1,50
Lantai	12	0,12	0,00014	20310853	2437302,4	2924,76283	2,88

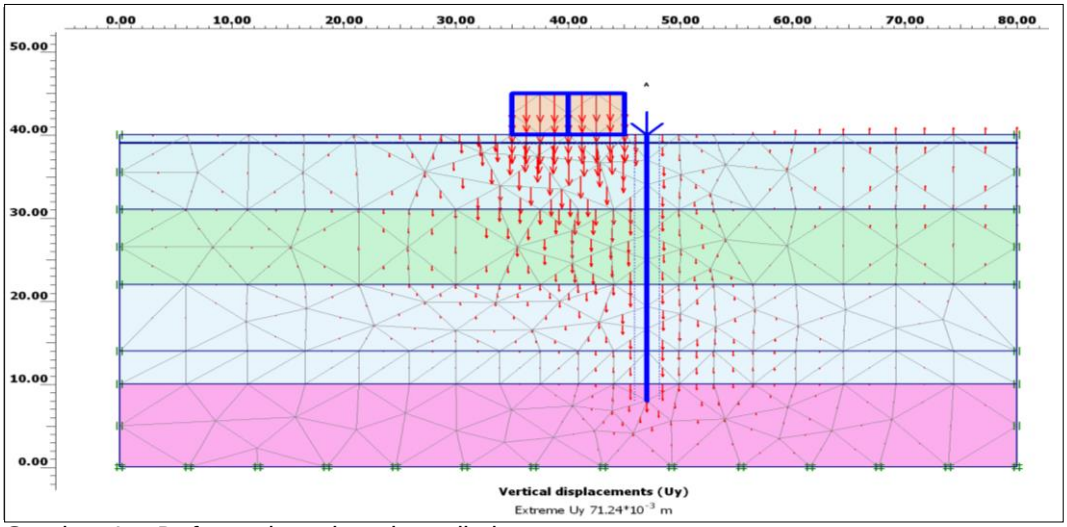
Tabel 5. *Input* data parameter tanah

Tebal lapisan (m)	Parameter mekanis				
	γ (kN/m^3)	E (kN/m^2)	ν	c (kN/m^2)	ϕ (deg)
Lapisan 1 (31–40)	15,60	1600,00	0,35	10,00	5,00
Lapisan 2 (22–31)	15,80	2500,00	0,35	25,00	12,00
Lapisan 3 (14–22)	16,20	4000,00	0,35	50,00	22,00
Lapisan 4 (10–14)	16,50	8000,00	0,35	60,00	28,00
Lapisan 5 (00–10)	17,00	12000,00	0,35	90,00	35,00

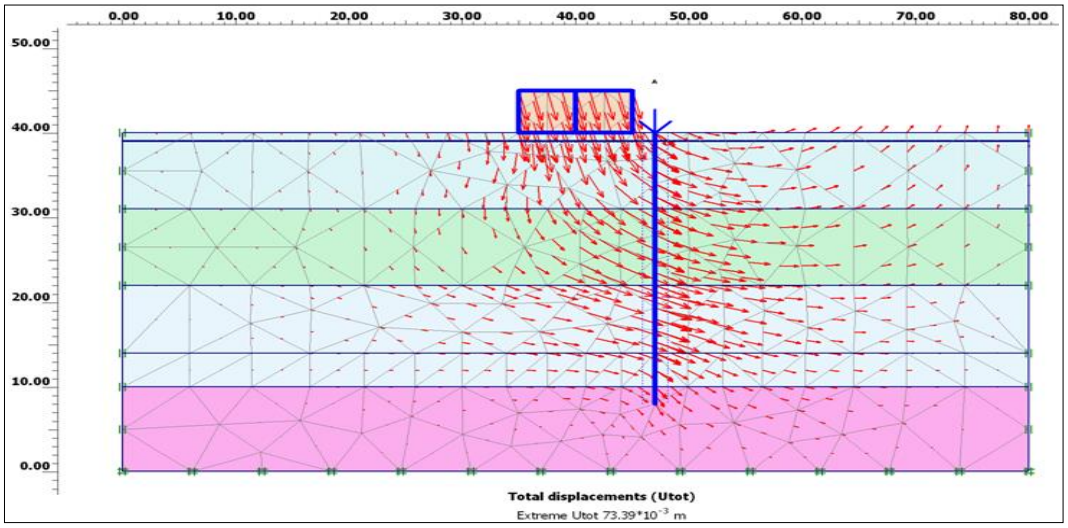
Dalam melakukan analisis metode elemen hingga, setelah model elemen dimasukkan, dilakukan proses perhitungan. Dalam proses perhitungan, muka air tanah diambil –20 cm dari permukaan tanah sesuai dengan *bor log*. Langkah-langkah perhitungan, berat tanah (*soil body*) dihitung secara otomatis dengan menggunakan elemen segitiga enam titik (*plane strain*). Tekanan air pori dan tekanan efektif dihitung dengan mengasumsikan terjadi rembesan air tanah.



Gambar 3. *Deformed mesh* arah horizontal



Gambar 4. *Deformed mesh* arah vertikal



Gambar 5. *Deformed mesh* total akibat pemancangan tiang pada gedung VIP

Stage construction dilakukan dalam beberapa tahap seperti tiang saat dipancang, tiang dibebani dan sebagainya dengan memasukkan pengaruh waktu. *Output* perhitungan ditampilkan pada Gambar 3 s.d. Gambar 5.

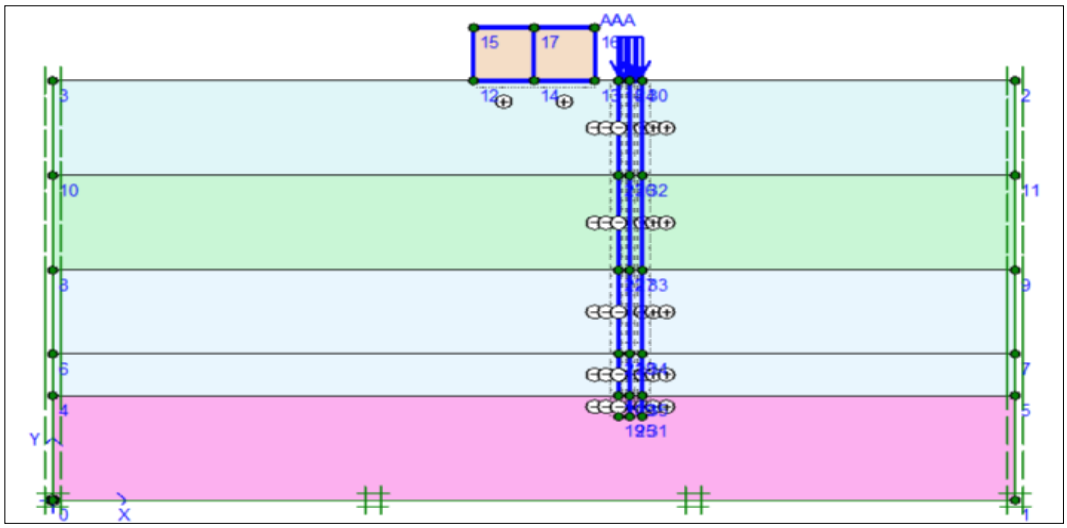
Dari hasil simulasi pada Gambar 3 s.d. Gambar 5, terlihat tanah dan struktur mengalami pergerakan sesuai dengan arah panah (vektor). Tanda panah menunjukkan besarnya pengaruh beban terhadap tegangan dan perpindahan. Semakin jauh dari beban, pengaruhnya akan semakin mengecil (besaran tanda panah mengecil), begitu juga sebaliknya. Pemancangan fondasi yang berjarak 2 m dari bangunan gedung VIP bandara menyebabkan gedung tersebut mengalami total pergerakan atau perpindahan tanah dan struktur sebesar 7,34 cm. Perindahan tanah dan struktur cenderung bergerak ke arah pekerjaan pemancangan. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas pemancangan tiang.

4.2.2 Pemancangan Tiang Pancang Grup di Dekat Gedung VIP Bandara Supadio

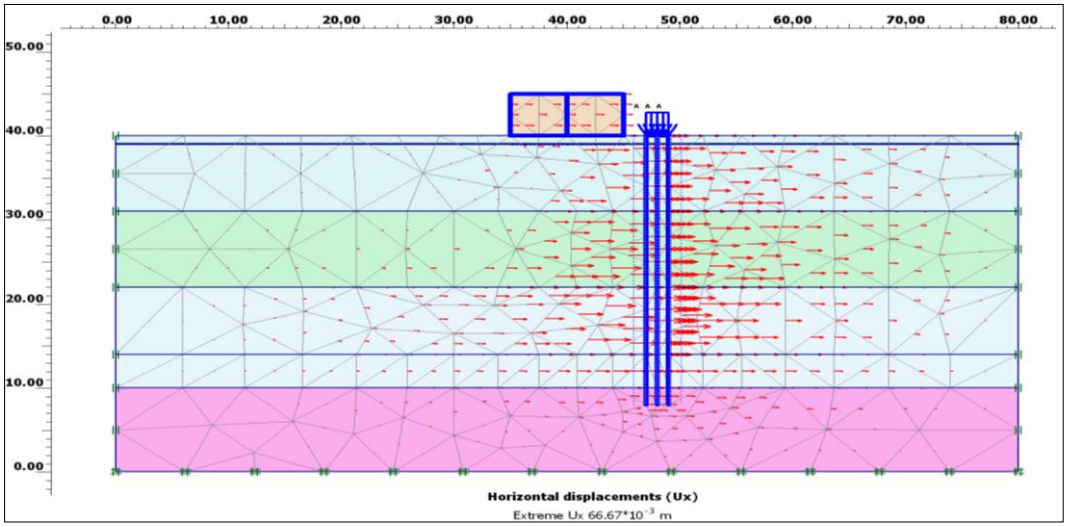
Dalam pembahasan ini dilakukan simulasi dengan memperhitungkan pemancangan tiang secara grup, sehingga dapat dilihat perbandingan deformasi yang terjadi. Berdasarkan kondisi *existing*, model geometri ditampilkan seperti pada Gambar 6. *Output* yang didapat dari simulasi dengan Plaxis berdasarkan kasus ini ditampilkan pada Gambar 7 s.d. Gambar 8.

Dari hasil simulasi pada Gambar 7 s.d. Gambar 8, tanah dan struktur mengalami pergerakan sesuai dengan arah panah (vektor). Tanda panah menunjukkan besarnya pengaruh beban terhadap tegangan

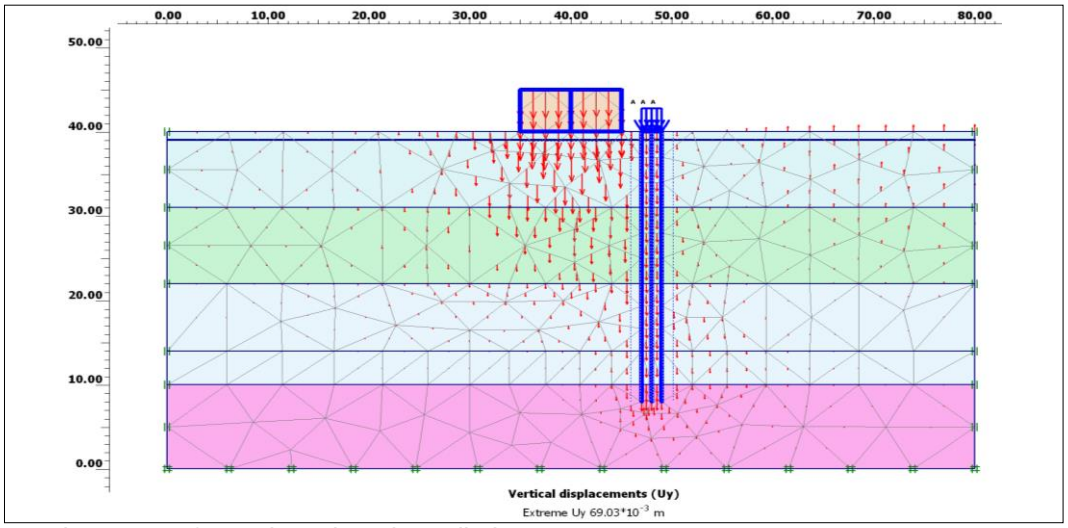
dan perpindahan. Semakin jauh dari beban, pengaruhnya akan semakin mengecil (besaran tanda panah mengecil), begitu juga sebaliknya. Pemancangan fondasi grup tiang menyebabkan bangunan gedung VIP bandara tersebut mengalami pergerakan atau perpindahan tanah dan struktur sebesar 7,95 cm. Jika dibandingkan dengan hasil yang didapat dari proses simulasi dengan satu tiang pancang, terjadi pergerakan tanah sebesar 7,34 cm maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan.



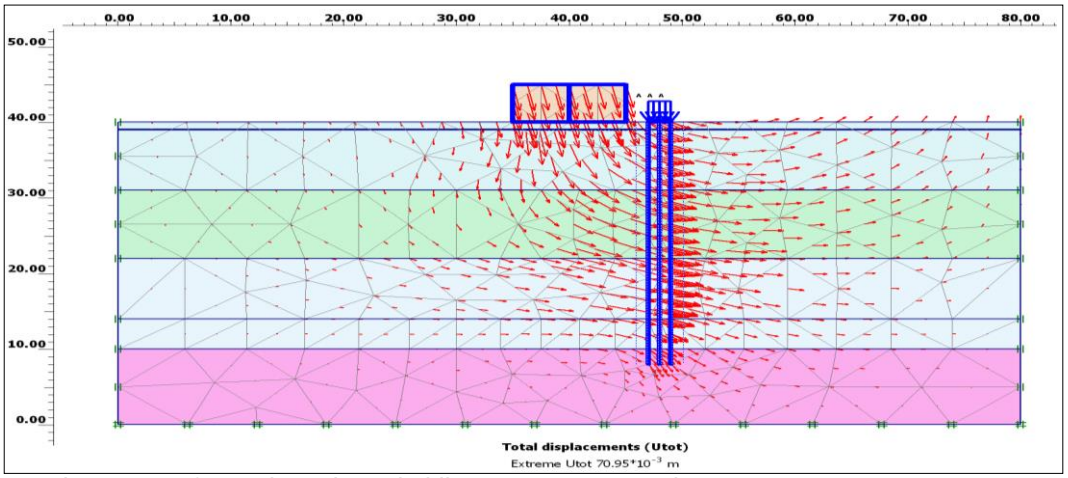
Gambar 6. Geometri FEM dengan tiang pancang grup terhadap gedung VIP Bandara



Gambar 7. *Deformed mesh* arah horizontal



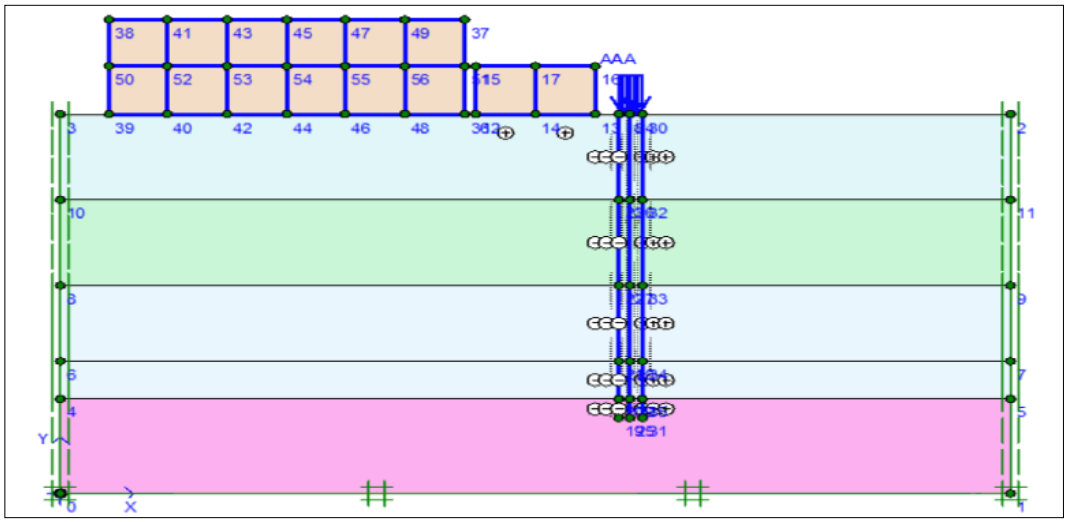
Gambar 8. *Deformed mesh* arah vertikal



Gambar 9. *Deformed mesh* total akibat pemancangan tiang pancang

4.2.3 Pemancangan Tiang Grup Dekat Gedung VIP dengan Memperhitungankan Keberadaan Gedung Terminal Penumpang *Existing*

Simulasi juga dilakukan terhadap bangunan yang berada di samping gedung VIP bandara. Gerakan tanah yang terjadi pada gedung tersebut dianalisis dengan memperhitungkan bangunan yang berada di sekitarnya, yaitu gedung terminal penumpang *existing*. Berdasarkan kondisi tersebut, geometri dimodelkan seperti pada Gambar 10 dengan *input* data pada Tabel 6.



Gambar 10. Geometri FEM dengan tiang pancang terhadap gedung VIP dan gedung terminal penumpang *existing*

Tabel 6. *Input* data parameter struktur gedung terminal penumpang bandara

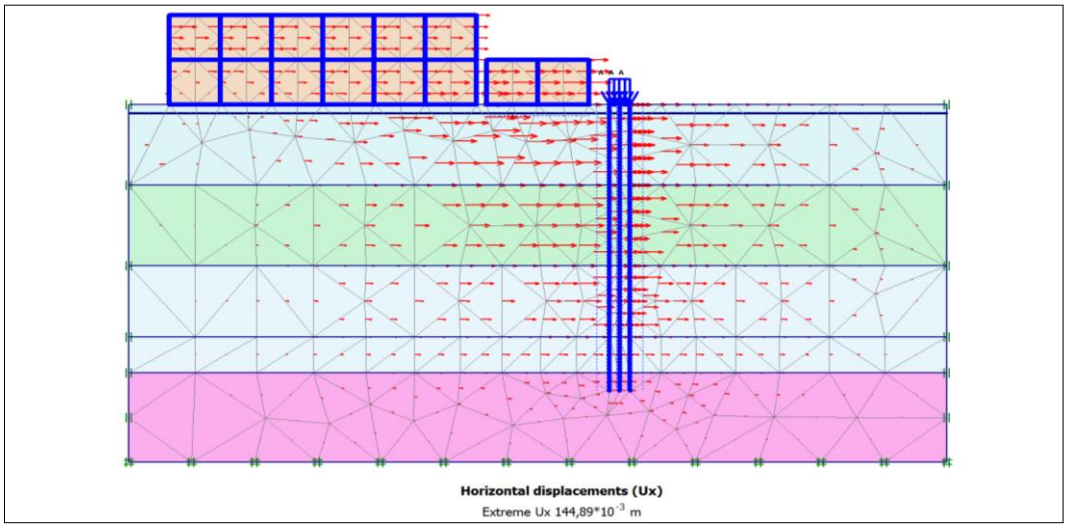
Elemen	Dimensi (cm)	A (m^2)	I (m^4)	E_c (kN/m^2)	EA (kN)	EI (kN m^2)	w (kN)
Balok	25/50	0,125	0,0026	20310853	2538857	52892,846	3
Kolom	30/30	0,09	0,00068	20310853	1827977	13709,826	2,16
Lantai	15	0,15	0,00028	20310853	3046628	5712,4274	3,6

Data *existing* gedung Terminal Penumpang Bandara Supadio, sebagai berikut:
– bangunan struktur beton dua lantai;
– perkuatan fondasi menggunakan cerucuk ∅15 cm – 10 m;
– lebar bangunan 138 m;
– panjang bangunan 61 m.

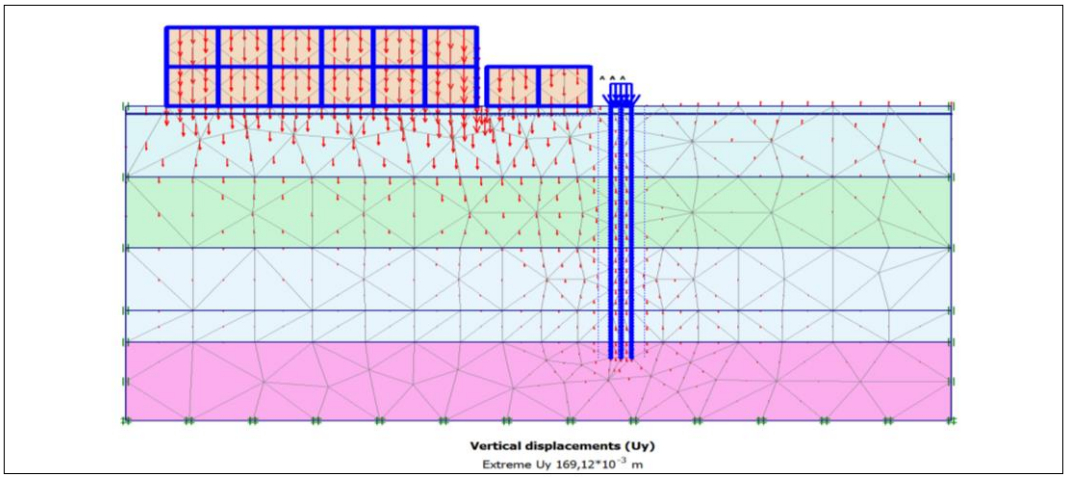
Gedung Terminal Penumpang Bandara Supadio dalam analisis program Plaxis ini dimodelkan dengan menggunakan balok dan pelat sebagai berikut:
– balok ukuran 25/50 cm;
– pelat lantai tebal 12 cm;
– kolom ukuran 30/30 cm;
– material beton K-225 (f_c' = 18 MPa)
– rasio Poisson, v = 0,2.

Output simulasi berdasarkan kasus pengaruh pemancangan tiang pancang grup terhadap gedung VIP bandara dengan memperhitungkan keberadaan gedung terminal penumpang yang berada di dekatnya, ditampilkan pada Gambar 11 s.d. Gambar 13.

Dari hasil simulasi pada Gambar 11 s.d. Gambar 13, tanah dan struktur mengalami pergerakan sesuai dengan arah panah (vektor). Pemancangan tiang



Gambar 11. *Deformed mesh* arah horizontal

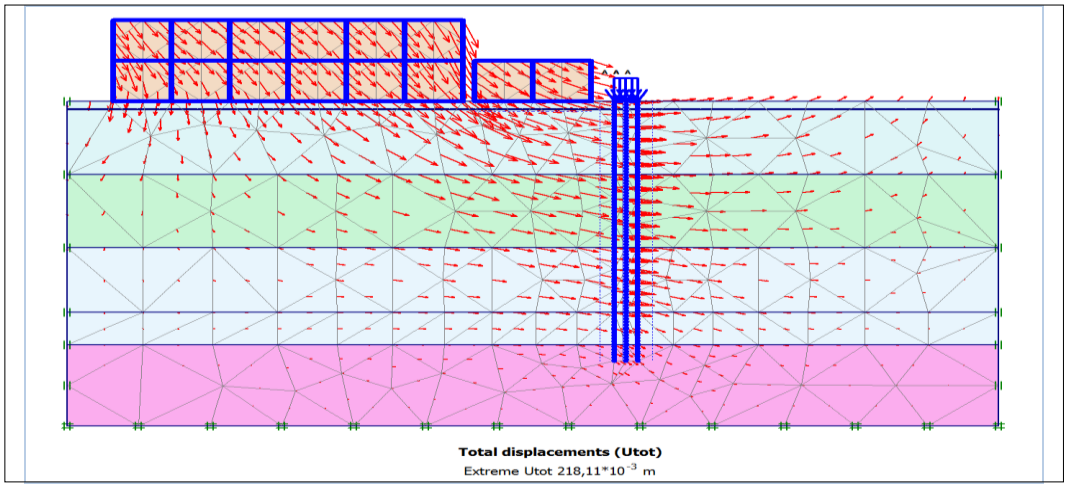


Gambar 12. *Deformed mesh* arah vertikal

pancang grup terhadap gedung VIP bandara dengan memperhitungkan keberadaan gedung terminal penumpang yang berada di dekatnya menyebabkan bangunan gedung VIP bandara tersebut mengalami pergerakan atau perpindahan tanah dan struktur sebesar 2,181 cm.

4.2.4 Mobilitas Alat HSPD 120 T di Sekitar Gedung VIP

Dalam penelitian ini juga dilakukan simulasi adanya perpindahan alat pancang HSPD di sekitar gedung VIP bandara. Berdasarkan kondisi *existing*,

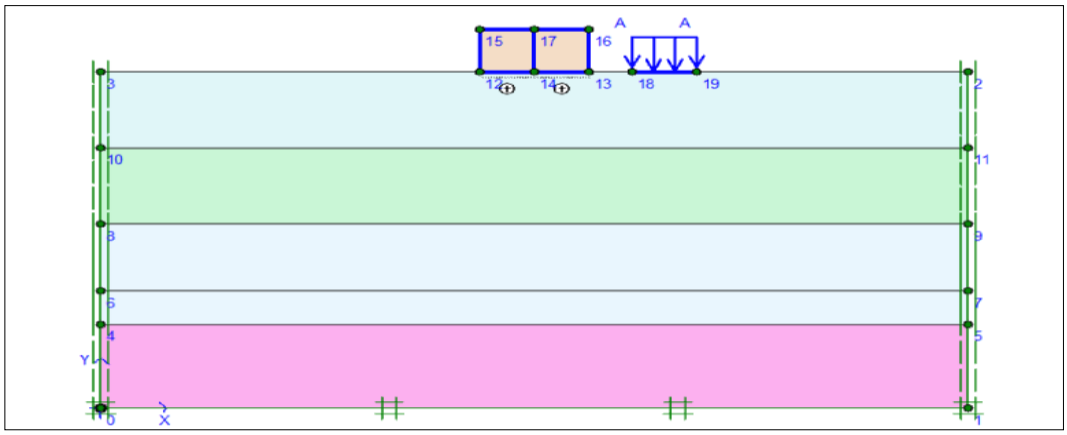


Gambar 13. Total *displacemet* akibat pemancangan tiang pancang

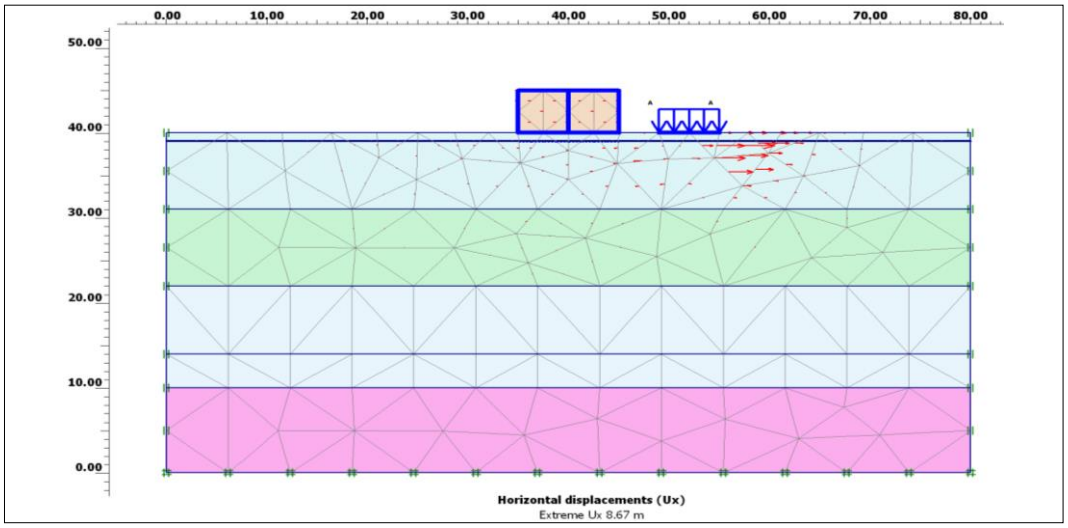
pemodelan pergerakan alat pancang HSPD di analisis pada jarak 5 dan 10 meter dari bangunan gedung VIP. Model geometri ditampilkan pada Gambar 14.

Output simulasi dengan *finite elemen* akibat pengaruh pergerakan alat pancang HSPD 120 T pada jarak 5 m ditampilkan pada Gambar 15 s.d. Gambar 17.

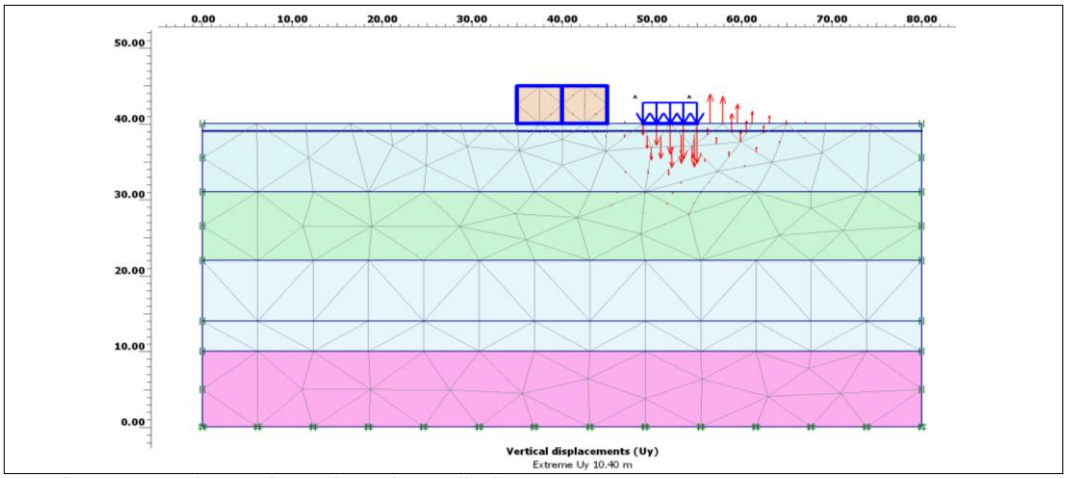
Dari Gambar 15 s.d. Gambar 17, bekerjanya (mobilisasi) alat pancang HSPD pada jarak 5 m menyebabkan perpindahan tanah yang paling besar di sekelilingnya sehingga mengakibatkan pergerakan tanah/struktur bangunan. Karena pergerakan dapat terjadi ke segala arah maka akan mengakibatkan pergerakan (penurunan tanah/struktur) yang tidak



Gambar 14. Model geometri akibat mobilisasi alat pancang gedung VIP



Gambar 15. *Deformed mesh* arah horizontal

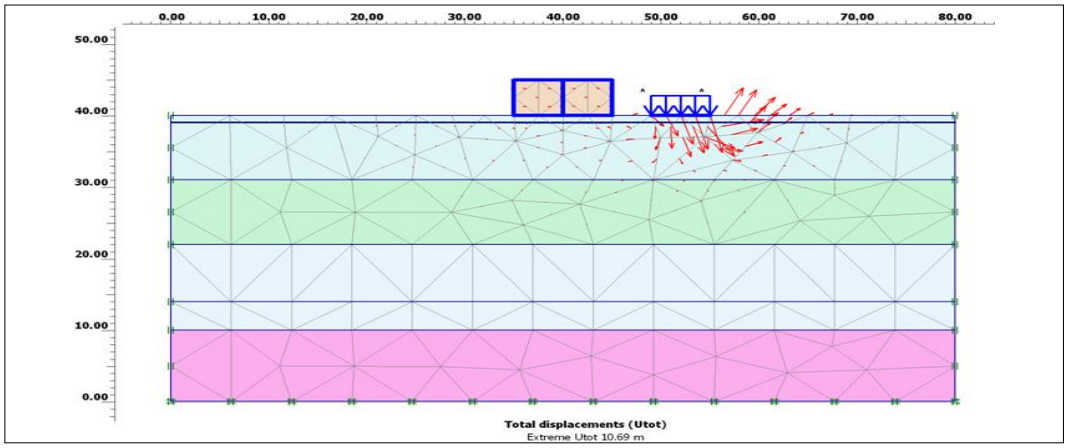


Gambar 16. *Deformed mesh* arah vertikal

seragam. Pergerakan ini dapat mengakibatkan δ (*differential settlement*) yang besarnya diperlihatkan pada Tabel 7. Perbedaan ini dapat dilihat sesuai dengan lebar bangunan (B) sedangkan arah panjang bangunan dianggap sama (kondisi *plane strain*).

Output dari simulasi dengan *finite elemen* akibat pengaruh mobilisasi alat pancang HSPD 120 T pada jarak 10 m ditampilkan pada Gambar 18 s.d. Gambar 20.

Dari Gambar 18 s.d. Gambar 20, bekerjanya (mobilisasi) alat pancang



Gambar 17. *Deformed mesh* total akibat mobilisasi alat HSPD jarak 5 m

HSPD pada jarak 10 m menyebabkan perpindahan tanah di sekelilingnya dengan besaran yang lebih kecil dari simulasi yang terjadi pada mobilisasi alat pancang HSPD pada jarak 5 m.

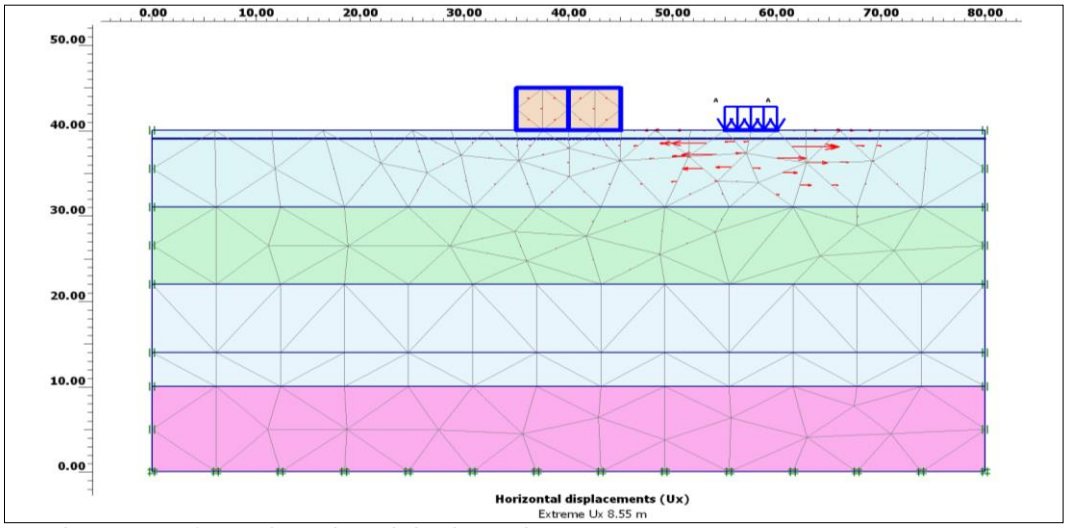
Dari proses simulasi dengan lima kasus yang telah dilakukan di atas, proses pemancangan tiang pancang dan mobilisasi alat pancang HSPD menyebabkan pergerakan tanah yang mengakibatkan penuruanan struktur bangunan gedung VIP. Beda penurunan yang terjadi ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Beda penurunan pada gedung VIP bandara

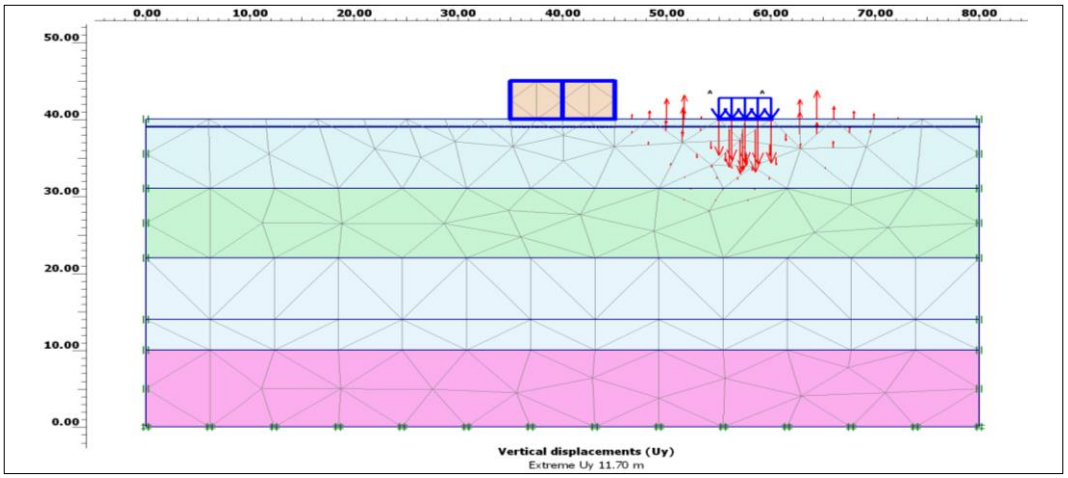
Kasus	δ
Akibat pemancangan tiang 2 m dari bangunan	0,3726
Pemancangan tiang grup dekat gedung VIP	0,7811
Pemancangan tiang grup dekat gedung VIP dengan memperhi-tungkan keberadaan gedung terminal penumpang *existing*	0,6088
Akibat mobilisasi alat pancang 5 m dari bangunan	4,4670
Akibat mobilisasi alat pancang 10 m dari bangunan	1,0358

Perbedaan gerakan tanah tersebut juga terlihat pada pada Gambar 21. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pengaruh pemancangan terhadap bangunan gedung VIP mengakibatkan beda penurunan yang kecil dan masih dalam batas yang diizinkan untuk bangunan gedung.

Pada Gambar 21, sumbu horizontal menggambarkan lebar bangunan 10 m sedangkan sumbu vertikal menggambar-kan besarnya penurunan. Pemancangan sejauh 2 m dari bangunan mengakibatkan tanah/struktur mengalami perpindahan (penurunan) sebesar 7,34 cm dengan δ = 0,372 cm. Pemancangan tiang grup mengakibatkan gedung VIP mengalami penurunan sebesar 7,95 cm. Apabila



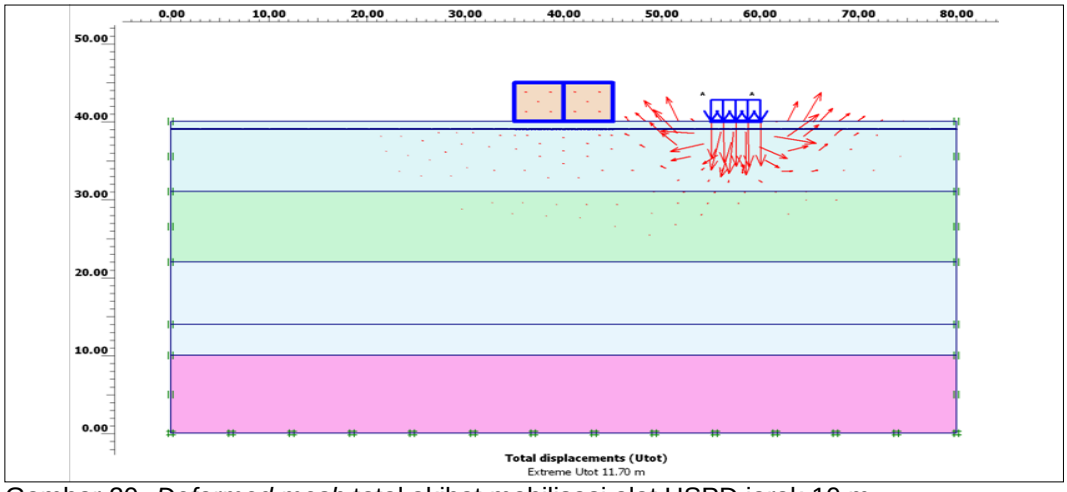
Gambar 18. *Deformed mesh* arah horizontal



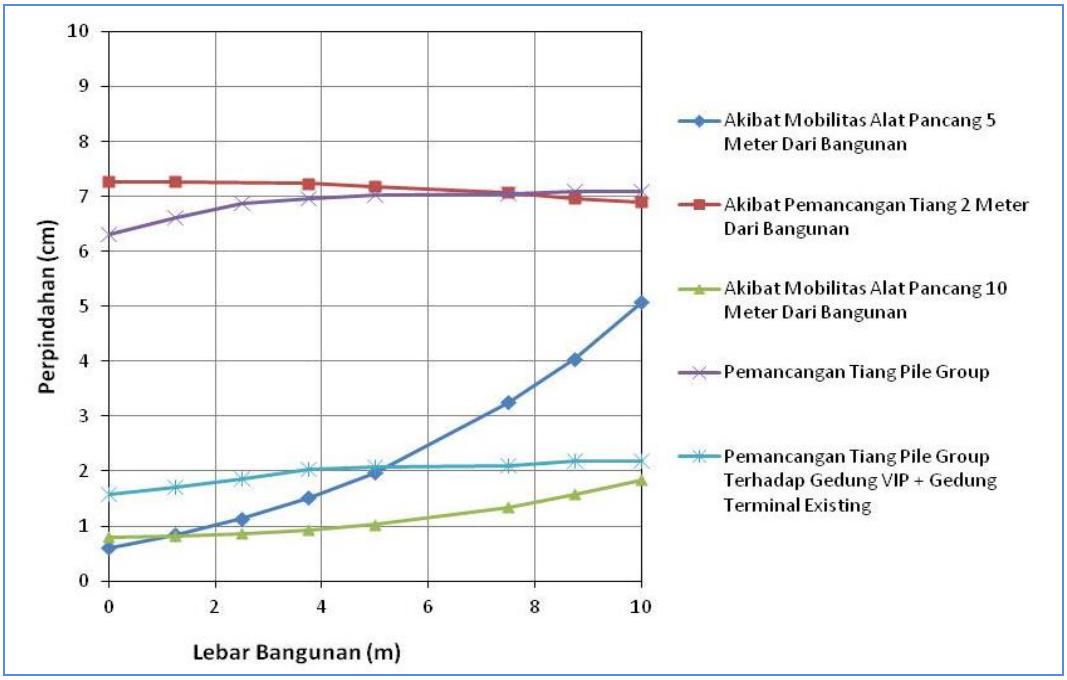
Gambar 19. *Deformed mesh* arah vertikal

pemancangan tiang memperhitungkan pengaruh beban gedung yang berada di sebelah gedung VIP maka didapat penuruanan struktur sebesar 2,18 cm dengan δ = 0,6088 cm. Nilai-nilai ini masih termasuk dalam batas-batas yang disyaratkan.

Mobilisasi alat pancang sejauh 5 dan 10 m dari bangunan mengakibatkan struktur bangunan mengalami perpindahan (penu-runan) sebesar 1,069 cm dan 1,17 cm dan δ sebesar 4,4670 cm dan 1,0358 cm. Nilai ini lebih besar daripada akibat pemancangan tiang sejauh 2 m dari



Gambar 20. *Deformed mesh* total akibat mobilisasi alat HSPD jarak 10 m



Gambar 21. Grafik perbandingan perbedaan penurunan bangunan gedung VIP bandara

bangunan. Selain itu, nilai-nilai tersebut juga tidak memenuhi syarat.

Mobilisasi alat pancang HSPD yang berjarak 5 m menghasilkan gerakan yang

besar pada struktur gedung VIP. Ini disebabkan kondisi tanah permukaan yang sangat lunak sehingga sedikit saja ada pembebanan pada permukaan tanah akan memberikan pengaruh yang besar terhadap lingkungan sekitar. Dari hasil simulasi dengan FEM untuk bangunan gedung VIP dapat disimpulkan bahwa semakin jauh beban yang bekerja pada permukaan tanah akan memberikan pengaruh yang kecil terhadap struktur tersebut, begitu juga sebaliknya, dengan catatan bahwa intensitas beban yang diberikan adalah sama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a) Pemancangan fondasi pada pembangunan Terminal Penumpang Bandara Supadio Pontianak menyebabkan gerakan tanah yang mengakibatkan penurunan total struktur gedung VIP sebesar 7,34 cm dan *differential settlement* sebesar 0,37 cm.

b) Pemancangan fondasi tiang grup dekat gedung VIP pada pembangunan Terminal Penumpang Bandara Supadio Pontianak menyebabkan gerakan tanah yang mengakibatkan penurunan total struktur gedung VIP sebesar 7,95 cm dan *differential settlement* sebesar 0,78 cm.

c) Pemancangan tiang grup di dekat gedung VIP dengan memperhitungkan keberadaan gedung Terminal Keberangkatan *existing* menyebabkan gerakan tanah yang mengakibatkan penurunan total struktur gedung VIP sebesar 2,18 cm dan *differential settlement* sebesar 0,61 cm.

d) Mobilisasi alat pancang HSPD pada jarak 5 m dari gedung VIP mengakibatkan penurunan total struktur sebesar 1,17 cm dan *differential settlement* sebesar 4,47 cm, sedangkan mobilasi pada jarak 10 m mengakibatkan penurunan total struktur gedung VIP sebesar 1,06 cm dan *differential settlement* sebesar 1,03 cm.

e) Dari hasil perhitungan dengan metode numerik dapat disimpulkan bahwa struktur gedung VIP masih layak untuk digunakan jika ditinjau dari *total settlement* yang terjadi, tetapi jika dilihat dari kajian struktur *differential settlement* maka hasil yang diperoleh melebihi nilai yang disyaratkan sehingga struktur gedung VIP tersebut perlu diberikan perkuatan.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat disampaikan sehubungan dengan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, sebagai berikut:

a) Sebaiknya dilakukan studi lebih lanjut dengan pengukuran atau monitoring lapangan mengenai pengaruh pemancangan dan mobilisasi alat pancang terhadap bangunan tersebut.

b) Selama kegiatan konstruksi dilaksanakan maka perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan gedung VIP bandara tersebut sehingga tetap dapat digunakan bagi penumpang dan memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penggunanya.

Daftar Pustaka

Arconindo. 2013. www.arconindo.com.

Das, B. M. 1991. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta: Erlangga.

Prabandiyani, S.; Soediro, Roeswan; Hardiyati, Siti; dan Indrastono. 2004. *Buku Ajar Mekanika Tanah II*. Semarang: Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.