

PERANCANGAN STRUKTUR *DECK ON PILE* UNTUK APRON BARAT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI - BALI

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Oleh
Virty Nobelia Bestin Sucipto
NIM 15516032



Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2020

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir Sarjana

**PERANCANGAN STRUKTUR *DECK ON PILE* UNTUK
APRON BARAT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I
GUSTI NGURAH RAI - BALI**

Adalah benar dibuat oleh saya sendiri dan belum pernah dibuat dan diserahkan sebelumnya baik sebagian atau pun seluruhnya, baik oleh saya mau pun orang lain, baik di ITB maupun institusi pendidikan lainnya.

Bandung, 25 Juni 2020

Penulis



Virty Nobelia Bestin Sucipto
NIM 15516032



Bandung, 25 Juni 2020

Pembimbing

Ir. Rildova, M.T., Ph.D.
NIP 19700401 199702 1 001

Mengetahui:

Program Studi Teknik Kelautan
Ketua,

Andojo Wurjanto, Ph.D.
NIP 1960330 198503 1 007

PERANCANGAN STRUKTUR *DECK ON PILE* UNTUK APRON BARAT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI – BALI

Deck on Pile Structure Design for West Apron in I Gusti Ngurah Rai – Bali International Airport

Virty Nobelia Bestin Sucipto¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

virtynobelia@gmail.com dan rildova@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Penerbangan di Pulau Bali seluruhnya terjadi pada Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai. Pulau Bali merupakan salah satu destinasi wisata favorit di Indonesia baik oleh turis dalam negeri maupun mancanegara. Oleh karena itu, pertumbuhan penumpang terus meningkat semakin tahun dan mengakibatkan Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai memerlukan peningkatan kapasitas dengan cara memperluas fasilitas bandara. Salah satu fasilitas yang dilakukan perluasan adalah apron bandara sebagai bentuk pemenuhan kebutuhan operasional dan *level of services*. Penambahan apron direncanakan untuk memenuhi target kapasitas 37 juta penumpang yang semula telah menerima 23.7 juta penumpang pada 2018.

Pada Tugas Akhir ini perluasan Apron Barat dilakukan menggunakan struktur *deck on pile*. Perancangan perluasan apron dengan struktur *deck on pile* merupakan alternatif desain dari perluasan apron dengan metode reklamasi yang direalisasikan. Perancangan struktur *deck on pile* dilakukan berdasarkan standar yang berlaku dengan mempertimbangkan kondisi eksisting yang berada di lapangan. Tugas Akhir yang dikerjakan mencakup penentuan dimensi elemen penyusun struktur *deck on pile* optimal dengan pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 berdasarkan hasil analisis defleksi dan UCR (*Unity Check Ratio*) sebagai aspek pemeriksaan kekuatan struktur. Selanjutnya, desain penulangan elemen struktur berdasarkan gaya dalam elemen struktur hasil pemodelan. Terakhir, perhitungan daya dukung tanah berdasarkan reaksi perletakan maksimum struktur dan kondisi geoteknik untuk menentukan kedalaman pemancangan tiang pancang.

Hasil dari pengerjaan Tugas Akhir meliputi dimensi elemen struktur, detail penulangan elemen struktur beton berdasarkan nilai maksimum gaya dalam dari masing-masing elemen struktur, dan kedalaman pemancangan tiang pancang yang mampu menahan beban yang disalurkan berdasarkan kondisi geoteknik di lapangan.

Kata Kunci: Bandar Udara, Apron, Struktur, Pemodelan

Abstract: Every flight which come to and left Bali occur in I Gusti Ngurah Rai International Airport. Bali is one of favorite tourism destination in Indonesia either for Indonesian or foreigner. Therefore, there is always an increase in passenger amount every year and it cause the airport to expand the airport's facilities. One of the facilities is airport's apron, it is expanded to fulfill operational needs and level of services. Apron expansion is planned to increase the capacity from 23.7 million in 2018 to 37 million of passenger.

In this Final Project, West Apron expansion was designed using deck on pile structure. Apron expansion using deck on pile structure is an alternative design from reclamation method which being realized. Deck on pile structure design was done according to standard by considering existing condition in field. Works in this final project consist of optimization of structure's elements dimension by modelling using SAP2000 based on value of deflection and UCR (*Unity Check Ratio*) as structure strength aspects. Next is structure's element reinforcement design based on internal forces of modeling result. Lastly, calculation of soil bearing capacity based on placement reaction and geotechnical condition for determining the depth of driven pile.

The result of this Final Project are structure's elements dimensions, reinforcement detailing for concrete element based on each maximum internal force, and the depth of driven pile needed to resist apron's forces based on geotechnical condition in field.

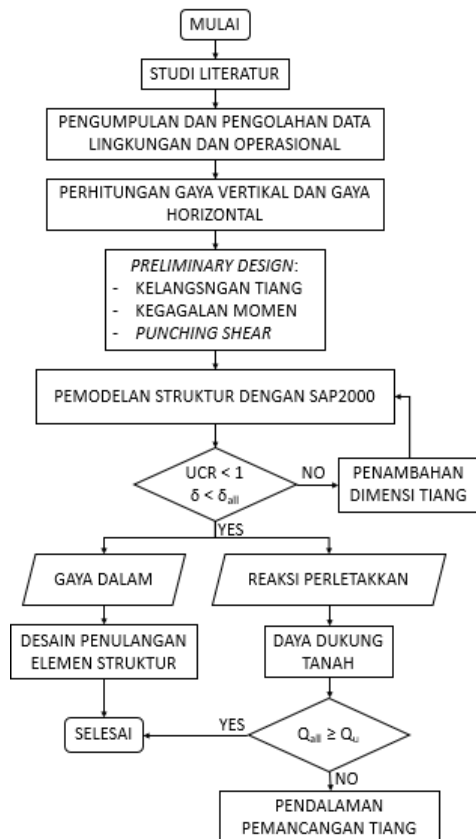
Keywords: Airport, Apron, Structure, Modeling

PENDAHULUAN

Pergerakan penumpang yang semakin meningkat setiap tahunnya serta terpilihnya Bali sebagai tuan rumah IMF-WB *Annual Meeting* 2018 maka diperlukan perluasan Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali dan salah satu fasilitas yang diluaskan adalah fasilitas apron ke arah Barat. Struktur *deck on pile* dimodelkan sebagai alternative desain jika perluasan yang telah dilakukan saat ini. Struktur *deck on pile* dipilih untuk dimodelkan karena beberapa kelebihanannya yakni pemancangan tiang menyebabkan tidak memerlukan waktu konsolidasi dan menghilangkan kemungkinan faktor likuifaksi yang dapat terjadi.

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan dalam *Gambar 1*.



Gambar 1. Metodologi pekerjaan.

Layout apron terdiri dari dimensi apron, elevasi, dan kedalaman perairan. Elevasi perluasan apron ditentukan berdasarkan elevasi eksisting di lapangan.

Pada pemodelan dengan SAP2000, beban gelombang diinputkan dalam parameter gelombang sedangkan beban arus dihitung dan diaplikasikan menjadi beban merata dan beban gempa diinputkan dalam bentuk spektrumnya. Penentuan spektrum gempa dilakukan berdasarkan SNI 1726:2012.

Beban vertikal terdiri dari beban hidup dan beban mati. Beban hidup terdiri dari beban pesawat terbang, beban kendaraan service, dan beban manusia. Sedangkan beban mati terdiri dari beban struktur dan beban mati *superimposed*.

Beban horizontal selain beban lingkungan adalah beban dari rem kendaraan. Gaya rem dihitung dengan mengambil nilai terbesar antara dua pilihan berikut.

- 25% dari berat pesawat desain atau,
- 5% dari berat pesawat ditambah beban lajur terbagi rata

Gaya rem diaplikasikan pada ketinggian *Center of Gravity* dari pesawat di atas lantai apron.

Sebelum pemodelan struktur menggunakan SAP2000 maka dilakukan preliminary design untuk menentukan kebutuhan minimum dimensi struktur.

- Kelangsingan tiang
Kelangsingan tiang harus memenuhi syarat pada persamaan (1).

$$\lambda = \frac{KL}{r} < 200 \quad (1)$$

K : Faktor panjang efektif
L : Panjang bentang tanpa pengaku
r : Radius girasi

- Kegagalan momen
Kegagalan momen digunakan untuk penentuan dimensi balok. Lebar dan tinggi efektif balok ditentukan berdasarkan persamaan (2).

$$bd^2 = \frac{M_u}{\phi[f'_c \times \omega(1 - 0.59\omega)]} \quad (2)$$

b : Lebar balok
d : Tinggi balok
 M_u : Momen *ultimate*
 ϕ : Faktor reduksi (0.9)
 f'_c : Kuat tekan beton

ω : Rasio kuat tekan beton dengan tegangan leleh baja tulangan

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f'_c} \text{ (asumsi } \rho = 0.01 \text{)}$$

c. *Punching shear*

Pengecekan *punching shear* dilakukan antara ban kendaraan dengan pelat dan pile cap dengan tiang. Pada pengecekan ini syarat dalam persamaan (3) harus dipenuhi.

$$\phi \times V_c \geq V_u \quad (3)$$

ϕ : Faktor reduksi (0.75)

V_c : Kapasitas gaya geser beton (N)

V_u : Gaya geser *ultimate* (N)

Desain penulangan lentur ditentukan berdasarkan kapasitas momen tulangan dalam menahan momen *ultimate* dari pembebanan. Penulangan lentur akan didesain hingga syarat yang dituliskan dalam persamaan (4) terpenuhi.

$$\phi \times M_n \geq M_u \quad (4)$$

ϕ : Faktor reduksi (0.9)

M_n : Kapasitas momen nominal (kN.m)

M_u : Momen *ultimate* (kN.m)

Desain penulangan geser (sengkang) ditentukan berdasarkan kapasitas gaya geser tulangan dalam menahan gaya geser *ultimate* dari pembebanan. Penulangan geser akan didesain hingga syarat yang dituliskan dalam persamaan (5) terpenuhi.

$$\phi \times V_n \geq V_u \quad (5)$$

ϕ : Faktor reduksi (0.75)

V_n : Kapasitas gaya geser nominal (N)

V_u : Gaya geser *ultimate* (N)

Salah satu hasil dari pemodelan struktur menggunakan SAP2000 adalah reaksi perletakkan tiang. Reaksi perletakkan tiang digunakan untuk menentukan kedalaman pemancangan yang diperlukan berdasarkan daya dukung tanah. Daya dukung tanah ditentukan berdasarkan kondisi geoteknik di lapangan dan terbagi menjadi 2 yakni friksi dan *end-bearing*. Kedalaman pemancangan ditentukan hingga kondisi dalam persamaan (6) terpenuhi.

$$\frac{Q_p + Q_s - W}{SF} \geq Q_u \quad (6)$$

Q_p : *End-bearing* (kN)

Q_s : *Skin friction* (kN)

W : Berat tiang pancang (kN)

SF : *Safety factor* (2.5 – 4)

Q_u : Reaksi perletakkan (kN)

HASIL DAN ANALISIS

A. DATA SEKUNDER

Data sekunder yang digunakan dalam desain adalah data lingkungan, data pesawat terbang, dan data kendaraan *service*.

a. Data Lingkungan

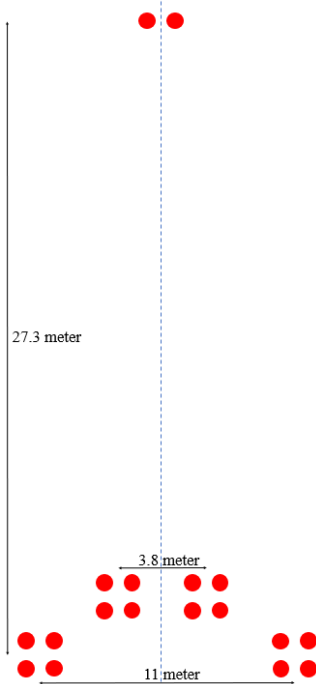
Data lingkungan yang digunakan pada pemodelan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Lingkungan

Parameter		Nilai
Gelombang		
South West	Tinggi	2.3 meter
	Periode	10 detik
West	Tinggi	2.0 meter
	Periode	9 detik
North West	Tinggi	1.3 meter
	Periode	7.87 detik
Arus		
North	Kecepatan	0.492 m/s
West	Kecepatan	0.366 m/s
Pasang Surut		
Highest Water Spring (HWS)		+3.144 m LWS
Mean High Water Spring (MHWS)		+2.737 m LWS
Mean Sea Level (MSL)		+1.645 m LWS
Mean Low Water Spring (MLWS)		+0.553 m LWS
Lowest Water Spring (LWS)		0.00 m

b. Data Pesawat Terbang

Jenis pesawat terbang yang digunakan dalam desain adalah pesawat terbang terberat yang akan diterima yaitu B747-400 yang memiliki nilai MTOW (*Maximum Take Of Weight*) sebesar 394.625 kg. Konfigurasi roda pesawat B747-400 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Konfigurasi roda pesawat.

c. Data Kendaraan Service

Jenis kendaraan service yang digunakan dalam desain adalah *Aircraft Towing Tractor* dengan tipe TMX-550-60. Kendaraan ini memiliki massa total 60 ton.

B. LAYOUT APRON

Data layout apron ditunjukkan pada Tabel 2. Apron akan dibagi menjadi 12 bagian dengan dilatasi antar struktur 5 mm.

Tabel 2 Data Layout Apron

Parameter	Nilai
Panjang	360 meter
Lebar	216 meter
Elevasi	+5.645 m LWS
Kedalaman Perairan	-1.5 m LWS

C. BEBAN PADA APRON

Pembebanan pada apron secara umum terbagi menjadi beban horizontal dan vertikal. Data pembebanan pada apron adalah sebagai berikut.

a. Beban Gelombang

Beban gelombang pada struktur dihitung berdasarkan parameter tinggi dan perioda gelombang untuk masing-masing arah. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

b. Beban Arus

Beban arus diaplikasikan dalam bentuk beban merata berdasarkan kecepatannya. Beban arus dihitung menggunakan persamaan (7).

$$\frac{F}{L} = \frac{1}{2} \times \rho_{sw} \times C_D \times D \times V^2 \quad (7)$$

$\frac{F}{L}$: Gaya arus per satuan panjang (kN/m)

ρ_{sw} : Massa jenis air laut (kg/m³)

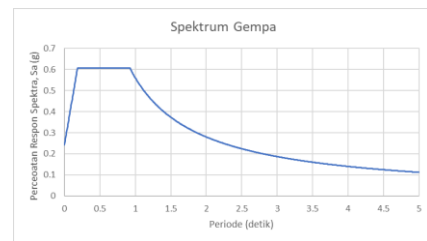
C_D : Koefisien drag

D : Diameter tiang pancang (m)

V : Kecepatan arus (m/s)

c. Beban Gempa

Beban gempa diaplikasikan dalam bentuk spektrum. Berdasarkan SNI 1726:2012 maka grafik spektrum gempa di lokasi pekerjaan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Spektrum gempa.

d. Beban Hidup

Beban hidup terbagi menjadi 3 yakni oleh pesawat, kendaraan service, dan pejalan kaki. Beban merata oleh pesawat adalah 18.4 kN/m², kendaraan service memiliki beban merata sebesar 11.8 kN/m² sedangkan pejalan kaki adalah 5 kN/m². Pemodelan pada 1 bagian apron akan menggunakan beban merata terbesar yaitu oleh pesawat.

e. Beban Rem

Beban rem terbagi menjadi 2 yakni beban rem oleh *main gear* dan oleh *nose gear*. Besar dari beban rem yang diaplikasikan pada struktur dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

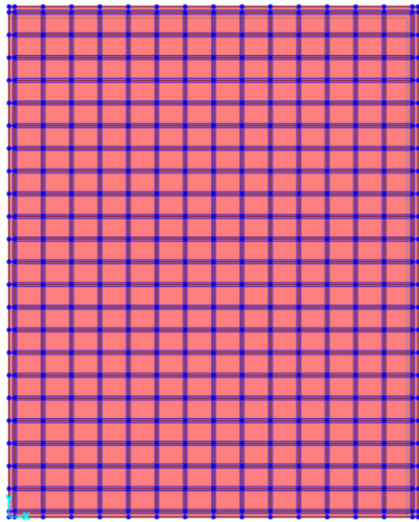
Tabel 3 Beban Rem oleh Pesawat

Gear	Parameter	Nilai
Main	Force	229.86 kN
	Moment	1248.14 kN.m
Nose	Force	48.39 kN
	Moment	262.78 kN.m

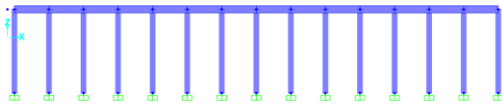
- f. **Beban Aspal**
Aspal yang digunakan pada lantai apron memiliki ketebalan 15 cm. Beban dari aspal pada struktur adalah 3.3 kN/m^2 .

D. STRUKTUR APRON

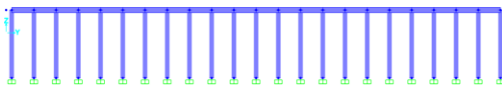
Pemodelan struktur apron dilakukan pada 1 bagian apron dengan ukuran 90×72 meter. Tampak atas dari apron dapat ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan tampak depan dan samping secara berturut ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4 Tampak atas apron.



Gambar 5 Tampak depan apron.



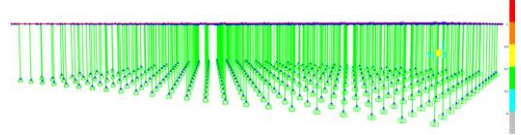
Gambar 6 Tampak samping apron.

Pemodelan apron dengan SAP2000 memberikan hasil defleksi horizontal maksimum pada apron yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Defleksi Maksimum pada Apron

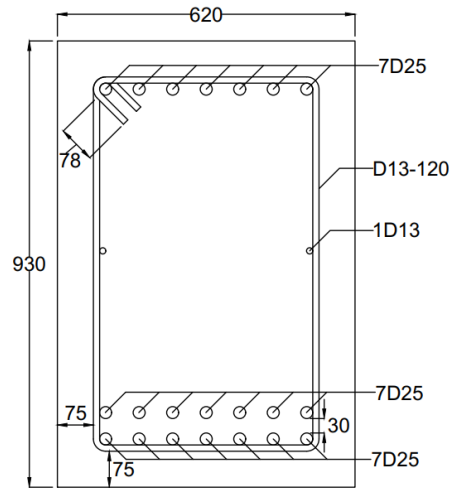
Joint	Kombinasi	Arah	Defleksi (mm)	Defeksi Izin (mm)
748	SLS-4_1	U1	37.12	39.35
		U2	0	39.35
987	SLS-4_2	U1	0	39.35
		U2	37.07	39.35

UCR (*Unity Check Ratio*) dilakukan pada elemen tiang pancang. Nilai UCR maksimum pada tiang pancang adalah 0.583. Jika dibandingkan dengan batasnya nilai ini cukup jauh dari 1, namun hasil ini dikatakan optimum karena defleksi maksimum yang terjadi hanya berselisih 1 mm dari batasnya. Hasil UCR oleh SAP2000 ditunjukkan pada Gambar 7. Warna hijau menunjukkan nilai UCR berada pada rentang 0.5 hingga 0.7.



Gambar 7 Hasil analisa UCR tiang pancang.

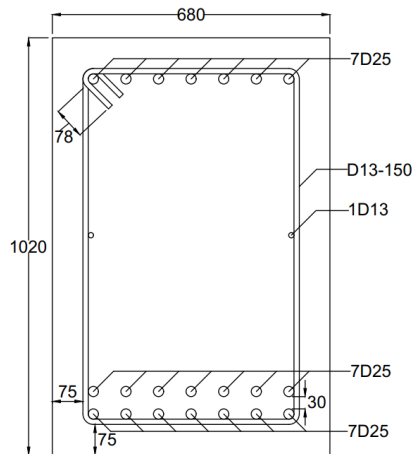
Balok memanjang memiliki bentang 4 meter dengan konfigurasi tulangan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Penampang balok memanjang dan tulangnya.

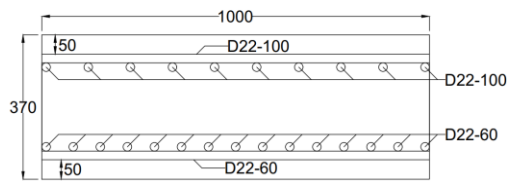
(Keterangan: Satuan dalam mm)

Balok melintang memiliki bentang 5 meter dengan konfigurasi tulangan ditunjukkan pada Gambar 9.



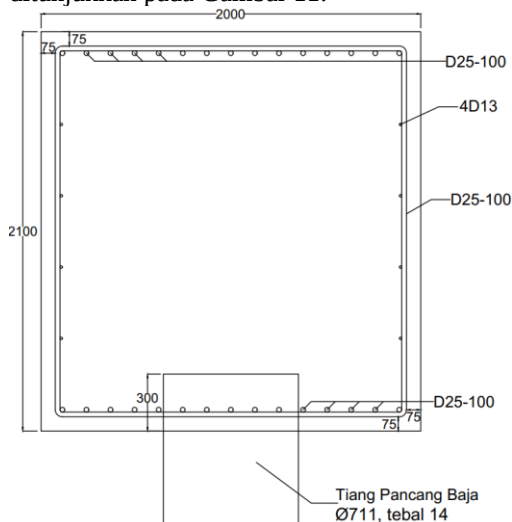
Gambar 9 Penampang balok melintang dan tulangnya.
(Keterangan: Satuan dalam mm)

Pelat apron memiliki ukuran 4×5 meter dengan ketebalan 37 cm. Konfigurasi tulangan untuk per meter bentang pelat dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Konfigurasi tulangan pelat.
(Keterangan: Satuan dalam mm)

Pile cap memiliki ukuran $2 \times 2 \times 2.1$ meter dengan desain penulangan pile cap ditunjukkan pada Gambar 11.



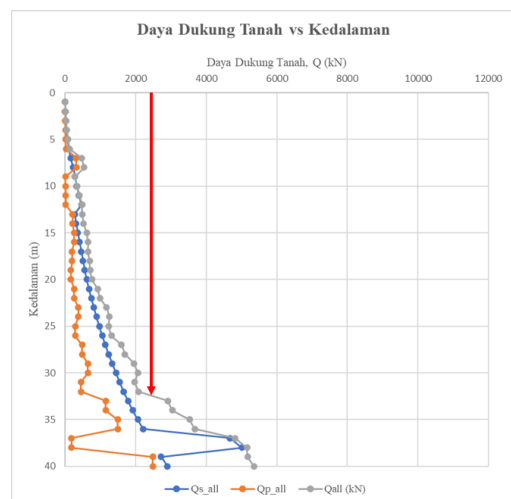
Gambar 11 Desain tulangan pile cap.
(Keterangan: Satuan dalam mm)

Kapasitas daya dukung tanah dihitung berdasarkan beberapa parameter yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Parameter Daya Dukung Tanah

Parameter	Nilai
Diameter Luar	0.813 m
Tebal	0.014 m
Diameter Dalam	0.785 m
Ap cincin	0.0351 m^2
Ap semua	0.5191 m^2
Ap dalam	0.484 m^2
P dalam	2.4662 m
P luar	2.5541 m
SF	2.5
γ_w (kN/m ³)	10
$K_{steel \text{ pipe}}$	1.26
ρ_{baja}	7.85 ton/m ³
W_{baja}/m	3.0546 kN/m

Berdasarkan parameter tersebut maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung tanah yang ditunjukkan pada Gambar 12 dengan safety factor 2.5. Reaksi perletakkan pada bagian ujung tiang pancang adalah 2471.887 kN maka disimpulkan tiang pancang perlu dipancang hingga kedalaman 33 meter agar tanah kuat menahan seluruh beban yang disalurkan melalui tiang pancang.



Gambar 12 Grafik daya dukung tanah terhadap kedalaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Layout apron yang telah ditentukan adalah sebagai berikut.
 - a. Panjang apron : 360 meter
 - b. Lebar apron : 216 meter
 - c. Elevasi *deck* apron : + 5.645 m LWS
 - d. Kedalaman perairan : -1.5 m LWS
 - e. *Fixity point* : 4.66 m
 - f. Kedalaman pemancangan : 33 meter dari dasar laut
2. Kekuatan struktur apron ditentukan berdasarkan defleksi dan UCR (*Unity Check Ratio*) hasil analisis menggunakan SAP2000.
 - a. Defleksi (batas defleksi horizontal = 39.35 mm)
 - Arah X = 37.12 mm
(1.0 DL + 0.7 Gempa_X)
 - Arah Y = 37.07 mm
(1.0 DL + 0.7 Gempa_Y)
 - Arah Z = 14 mm
(Batas = 25 mm)
 - b. UCR
 - Maksimum = 0.583
(1.2 DL + 1.0 Gempa_X + 1.0 Hidup Merata)
3. Dimensi elemen struktur apron beserta penulangannya
 - a. Tiang Pancang
 - Material : A252 *Grade 2*
 - Diameter : 711 mm
 - Tebal : 14 mm
 - b. *Pile Cap*
 - Dimensi : 2×2×2.1 meter
 - Tulangan susut arah X (Atas dan Bawah)
 - Diameter : 25 mm
 - Jumlah : 15
 - Spasi : 100 mm
 - Tulangan susut arah Y (Atas dan Bawah)
 - Diameter : 25 mm
 - Jumlah : 15
 - Spasi : 100 mm
 - c. Balok Memanjang
 - Dimensi : 620×930 mm
 - Panjang : 4 meter
 - d. Balok Melintang
 - Dimensi : 680 × 1020 mm
 - Panjang : 5 meter
 - Tulangan Lentur Atas
 - Diameter Tulangan : 25 mm
 - Jumlah Tulangan : 7
 - Spasi : 40 mm
 - Tulangan Lentur Bawah
 - Diameter Tulangan : 25 mm
 - Jumlah Tulangan : 14
(Baris 1 = 7 dan Baris 2 = 7)
 - Spasi (Samping) : 40 mm
 - Spasi (Atas) : 30 mm
 - Tulangan Sengkang
 - Diameter : 13 mm
 - Spasi : 120 mm
 - Ujung Bebas : 78 mm
 - Diameter Bengkokan: 52 mm
 - e. Pelat
 - Tebal pelat : 370 mm
 - Tulangan Atas Arah X dan Arah Y
 - Diameter : 22 mm
 - Spasi : 100 mm
 - Tulangan Bawah Arah X dan Arah Y
 - Diameter : 22 mm
 - Spasi : 60 mm

B. SARAN

Saran yang diberikan untuk perencanaan struktur *deck on pile* perluasan apron barat di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai – Bali adalah:

1. Pemodelan untuk gempa lebih baik menggunakan SNI 2833:2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa. Hal ini karena struktur *deck on pile* lebih mirip dengan struktur jembatan daripada bangunan yang tinggi 1 lantainya hanya sekitar 3 meter.
2. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai UCR (*Unity Check Ratio*) masih jauh dibawah 1 sedangkan defleksi sudah dekat dengan batasnya, maka dapat digunakan tiang pancang miring sehingga dapat digunakan tiang pancang yang lebih kecil lagi.

REFERENSI

- American Concrete Institute. (2011). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-11)*. Farmington Hills: ACI Committee 318.
- American Society of Civil Engineers. (2010). *ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726:2012*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). *SNI 2052:2014: Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *SNI 1729:2015: Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016: Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Bridgestone. (2016, Oktober 31). *Bridgestone Aircraft Tire Application Table*. Retrieved from www.bridgestone.com: https://www.bridgestone.com/products/specialty_tires/aircraft/product/s/ap
- British Standard Institution. (2010). *BS 6349-2:2010 : Maritime Works - Part 2: Code of Practice For The Design of Quay Walls, Jetties, and Dolphins*. British: BSI STandards Publication.
- Das, B. M. (2016). *Principles of Foundation Engineering*. Boston: Cengage Learning.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). *Peraturan Beton Indonesia (NI-2)*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. (2009, Maret 5). *Hirarki dan Klasifikasi Bandar Udara*. Retrieved from hubud.dephub.go.id: <http://hubud.dephub.go.id/website/BandaraHirarki.php>
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. (2009, Maret 5). *Pengertian, Peran dan Fungsi Bandar Udara*. Retrieved from hubud.dephub.go.id: <http://hubud.dephub.go.id/website/Bandara.php>
- Dunlop Aircraft Tyres. (n.d.). *DR15348T Specification*. Retrieved from [dunlopaircrafttyres.co.uk](http://www.dunlopaircrafttyres.co.uk): <https://www.dunlopaircrafttyres.co.uk/tyres/detail/dr15348t>
- Fadilah, Suripin, & Sasongko, D. (2013). Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspuri Journal*, 9,10.
- Gideon, A. (2019, Januari 7). *Reklamasi Laut, Panjang Landasan Bandara Ngurah Rai Jadi 3.400 Meter*. Retrieved from www.liputan6.com: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3864799/reklamasi-laut-panjanglandasan-bandara-ngurah-rai-jadi-3400-meter>
- Hendriyani, I. P., Adjisasmita, S. A., & Aboe, A. F. (2019). Analysis of Apron Pavement Thickness in Central Airport Based On the Amount and Type of Aircraft. *International Journal of Innovative Technology*

- and Exploring Engineering (IJITEE)*, 2.
- Kristiawan, S., Sunarmasto, Budi, A. S., & Kurniawati, C. D. (2018). Stress-Strain Response of High-Volume Fly Ash Self-Compacting Concrete (HVFA-SCC) Under Uniaxial Loading and Its Effect on the Reinforced HVFA-SCC Nominal Strength. *MATEC Web of Conference* 195, 02023 (p. 3). Surakarta: EDP Sciences.
- Nawy, D. E. (1990). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Eresco.
- OCDI. (2002). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: Daikousha Printing Co., Ltd.
- PT. PP (Persero), Tbk. (2018). *Laporan Nota Desain : Design and Build Pekerjaan Pematangan Lahan Pantai Sisi Barat dan Konstruksi Apron Barat di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai*. Bali: PT. PP (Persero), Tbk.
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta: Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman.
- Rahman, M. M. (2017, Juli 3). *Foundation Design Using Standard Penetration Test (SPT) N-Value*. Retrieved from researchgate.net: <https://www.researchgate.net/publication/318110370>
- Sapta, M. (2015, Oktober 14). *Mengenal Pasang Surut Laut*. Retrieved from [www.madesapta.com](http://www.madesapta.com/2015/10/mengenal-pasang-surut-laut.html): <http://www.madesapta.com/2015/10/mengenal-pasang-surut-laut.html>
- StructX. (2020, Mei 1). *Fixed On All Edges With Central Point Load*. Retrieved from [structx.com](https://structx.com/Plate_Formulas_013.html): https://structx.com/Plate_Formulas_013.html
- StructX. (2020, Mei 1). *Simply Supported On All Edges With Central Point Load*. Retrieved from [structx.com](https://structx.com/Plate_Formulas_012.html): https://structx.com/Plate_Formulas_012.html
- Transportation Research Board. (2013). *Apron Planning and Design Guidebook*. Washington, D.C.: National Academy of Science.
- U.S. Department of Transportation: Federal Aviation Administration. (2009). *Airport Pavement Design and Evaluation*. 28.
- Wang, C. K., Salmon, C. G., & Hariandja, B. (1987). *Disain Beton Bertulang Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Wight, J. K., & MacGregor, J. G. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.