

**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR BAWAH DAN
PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)
JEMBATAN BETAPUS, BAYUR, SEMPAJA SELATAN
KOTA SAMARINDA**

***REDESIGN OF SUBSTRUCTURE AND CALCULATION OF
COST BUDGET PLAN AT BETAPUS BRIDGE,
SOUTH SEMPAJA SAMARINDA***

**Daru Purbaningtyas^{1)*}, Sujiati Jepriani²⁾, Gatot Subagio³⁾,
daru_purbaningtyas@polnes.ac.id¹⁾, sujiati_jepriani@polnes.ac.id²⁾,
gatotsubagio84@yahoo.com³⁾,**

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

^{1,2,3}Jl. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Kota Samarinda 75131, Kalimantan Timur

Korespondensi Naskah : Daru Purbaningtyas

INTISARI

Jembatan Betapus dirancang sebagai jembatan rangka baja kelas A dengan bentang 50 meter yang memiliki lebar total 9 meter terdiri dari jalan 7 meter dan trotoar masing-masing 1 meter. Jembatan ini memiliki muka air banjir ± 4 meter dan memiliki kedalaman tanah keras 58 meter. Tujuan penulisan ini adalah untuk mendesain abutment jembatan dan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) jembatan. Perhitungan pembebanan sesuai dengan RSNI T-02-2005 dan struktur atas menggunakan jembatan rangka baja fabrikasi Bakrie Metal kelas A. Rencana Anggaran Biaya (RAB) dihitung menggunakan standar Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 dan HSPK tahun 2016 untuk daerah Samarinda. Abutment jembatan menggunakan tipe kantilever dengan panjang 11 meter, lebar 4 meter dan tinggi 4,2 meter, dengan *safety factor* terhadap guling $> 2,2$ dan terhadap geser $> 1,1$. Pondasi tiang pancang pipa baja dengan diameter 50 cm dan tebal 1,2 cm. Jumlah tiang pancang 21 buah dengan daya dukung tiang pancang kelompok Qultimit = 6171,87 kN. Sedangkan rencana anggaran biaya yang dihitung berdasarkan HSPK 2016 diperoleh nilai sebesar Rp. 27.033.715.000,-

Kata kunci: Abutment, Jembatan rangka, Pondasi, Rencana anggaran biaya.

ABSTRACT

Betapus Bridge is designed as a class A steel frame bridge with a span of 50 meters which has 9 meters total width, consisting of 7 meters street and two sidewalks each 1 meter. This bridge has a flood water level ± 4 meters and has a hard ground depth of 58 meters. This study aims to design abutments bridges and calculate the budget plan (RAB) bridge. Calculation of bridge loading in accordance with RSNI T-02-2005 and the upper structure using steel frame bridge fabrication of Bakrie Metal class A. Budget plan (RAB) is calculated using the standard of Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 and HSPK 2016 for the area of Samarinda. Abutment bridge uses a cantilever type with 11 meters length, 4 meters width and 4.2 meters height, caused a moment safety factor > 2.2 and a sliding safety factor > 1.1 . The foundation of steel pipe

pile with a diameter of 50 cm and thick 1.2 cm. There are 21 piles with the power of the group, $Q_{ultimit} = 6171,87$ kN. And the budget plan calculated based on HSPK 2016 obtained a value of Rp. 27,033,715,000,-

Keywords: *Abutment, Bridge frame, Cost budget plan, Foundation.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi, dan pembuangan. Dalam pendekatan kebijakan pemerintah khususnya penanganan infrastruktur, Dinas Bina Marga Kota Samarinda melaksanakan pembangunan jalan dan jembatan sebagai akses distribusi barang dan jasa di Kota Samarinda. Pada tahun anggaran 2017 Pemerintah Kota Samarinda melaksanakan kegiatan pembangunan Jembatan Betapus.

Jembatan Betapus dibangun karena belum adanya akses dari Jalan Betapus, Bayur Kelurahan Sempaja Selatan, Samarinda Utara, Kota Samarinda menuju ke Jalan Belimau, Lempake, Samarinda Utara, Kota Samarinda. Ini yang menjadi alasan mengapa jembatan Betapus ini harus dibangun. Dengan dibangunnya jembatan Betapus ini maka dapat mempermudah akses pengguna jalan untuk menuju ke Belimau maupun sebaliknya serta dapat mengurangi biaya.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan jembatan ialah struktur bawah jembatan (abutment dan pondasi). Jembatan Betapus dengan bentang 50 meter ini memiliki tinggi muka air banjir 4 meter yang diketahui berdasarkan pendapat warga sekitar dan pengamatan visual. Dengan karakteristik tanah yang berupa tanah lempung lunak dan memiliki kedalaman tanah keras melebihi 50 meter, maka jenis abutment yang dianggap sesuai adalah abutment tipe kantilever.

Struktur atas jembatan berupa rangka baja fabrikasi yang memiliki beberapa keunggulan antara lain kemudahan dalam pelaksanaan, selain itu struktur rangka baja memiliki estetika yang baik.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesign abutment jembatan betapus.
2. Menghitung rencana anggaran biaya jembatan.

LANDASAN TEORI

Jembatan

Jembatan adalah bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain (Pranoto, 2016).

Jembatan permanen klas A dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 9 m dengan badan jalan 7 m dan lebar trotoar 1 m (kanan – kiri) yang menggunakan beban lalu lintas BM 100% (menurut Direktorat Jendral Bina Marga). Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu struktur atas, struktur bawah dan oprit.

Oprit jembatan adalah bangunan yang terletak dibelakang abutment, sebagai penghubung antara jalan dengan jembatan. Oprit juga dikenal sebagai timbunan tanah yang berada dibelakang abutment. Menurut Pd-T-11-2003 pertimbangan perencanaan timbunan jalan pendekat terhadap alinyemen horizontal harus direncanakan sesuai dengan keamanan lalu lintas dan perpanjangan jembatan terhadap sungainya, pertimbangan jalan pendekat terhadap alinyemen vertikal tergantung pada muka air tinggi, muka air banjir dan kelandaian memanjang sebaiknya tidak melebihi 5%.

Jembatan rangka (*truss bridge*) tersusun dari batang-batang yang dihubungkan satu sama lain dengan pelat buhul, dengan pengikat paku keling, baut atau las. Batang- batang rangka ini hanya memikul gaya dalam aksial (normal) tekan atau tarik, tidak seperti pada jembatan gelagar yang memikul gaya-gaya dalam momen lentur dan gaya lintang.

Pembebanan Jembatan

Dalam perencanaan jembatan, pembebanan yang diberlakukan pada jembatan jalanraya, adalah mengacu pada standar RSNIT-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan.

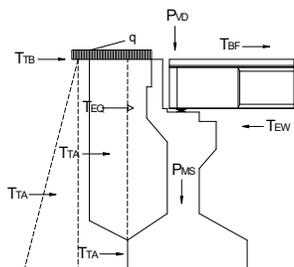
Berdasarkan RSNI T-02-2005 beban-beban yang mempengaruhi struktur jembatan menurut sumbernya yaitu: Aksi dan Beban Tetap, Beban Lalu Lintas (Beban Hidup), Klasifikasi Pembebanan Lalu lintas, Gaya Rem, Gaya Sentrifugal, Pembebanan Untuk Pejalan Kaki, Aksi Lingkungan, Aksi-Aksi Lain, Kombinasi Pembebanan, Tegangan Kerja Rencana.

Perencanaan Abutment

Struktur bawah sebuah jembatan adalah bagian dari elemen-elemen struktur yang dirancang untuk menerima beban konstruksi di atasnya dan dilimpahkan langsung (berdiri langsung) pada tanah dasar atau bagian-bagian konstruksi jembatan yang menyangga jenis-jenis yang sama dan memberikan jenis reaksi yang sama pula. Struktur bawah terdiri atas:

1. Analisa Abutment Jembatan

perencanaan abutment jembatan ini memperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut. Berdasarkan pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya RSNI T-02-2005 gaya-gaya yang bekerja pada abutment antara lain:



Keterangan:

P_{VD} : Gaya tekan vertikal akibat beban dari atas (kN);

P_{MS} : Gaya tekan vertikal akibat berat sendiri abutment (kN);

Q: Beban merata plat injak akibat berat timbunan tanah (kN);

T_{TB} : Gaya rem (kN);

T_{EW} : Beban angin (kN);

T_{EQ} : Tekanan tanah dinamis akibat gempa (kN);

T_{FB} : Gaya gesekan pada perletakan (kN);

T_{ET} : Pengaruh temperature (kN);

T_{TA} : Gaya akibat tekanan tanah (kN);

2. Kontrol Stabilitas Abutment

Sebelum merencanakan penulangan abutment diperlukan perhitungan kontrol stabilitas abutment untuk mendapatkan dimensi abutment yang tepat.

Kontrol Stabilitas Terhadap geser dan Kontrol Stabilitas Terhadap Guling, Kontrol Daya Dukung Tanah.

Penulangan Abutment

Perhitungan penulangan dilakukan jumlah tulangan yang akan digunakan pada penampang beton menurut SNI 03-2847-2002. Anggapan pembatasan jumlah tulangan tersebut berkaitan dengan rasio penulangan (ρ), yaitu perbandingan antara jumlah penampang tulangan baja tarik (A_s) terhadap luas efektif penampang. Langkah-langkah perhitungan penulangan sebagai berikut:

1. Perencanaan Pondasi Umum

Pondasi jembatan adalah salah satu bagian terpenting dari keseluruhan struktur jembatan karena berfungsi meneruskan beban-beban yang diterima ke tanah dasar dan telah diperhitungkan kekuatan menerima beban-beban tersebut. Pondasi adalah bagian terbawah dari suatu struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur diatasnya ke lapisan tanah pendukung.

Dapat dikatakan struktur bangunan bawah jembatan dan pondasi dapat menentukan stabil tidaknya suatu struktur bangunan yang berada di atasnya.

2. Pondasi Tiang Pancang

Dari beberapa macam tipe pondasi yang dapat dipergunakan salah satu diantaranya adalah pondasi tiang pancang. Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang

mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya sangat dalam di bawah permukaan tanah (Sardjono H.S.1991).

3. Daya Dukung Tiang

Dalam menentukan kapasitas daya dukung tiang diperlukan klasifikasi tiang dalam mendukung beban yang bekerja. Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi dua macam yaitu:

- a. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang berada di atas tanah keras. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada di bawah ujung tiang.
- b. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya.

Penurunan Kelompok Tiang

Pada kondisi tertentu, kapasitas dukung ijin tiang lebih didasarkan pada persyaratan penurunan. Penurunan tiang terutama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung per tiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung tiang, penurunan yang terjadi akan sangat kecil. Sebaliknya, bila beban per tiang sangat melebihi tahanan ujung tiang, maka penurunan yang terjadi akan besar.

Pada tiang yang dipancang dalam lapisan pendukung yang relative keras dan tidak mudah mampat, penurunan yang terjadi adalah akibat pemendekan badan tiangnya sendiri ditambah penurunan tanah yang berada di bawah dasar tiang. Pada keadaan ini, penurunan kelompok tiang akan kurang lebih sama dengan penurunan tiang tunggal (Hardiyatmo, 2015).

Rencana Anggaran Biaya

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan jalan akan berbeda-beda di masing-masing daerah dikarenakan perbedaan harga upah, tenaga kerja, dan harga bahan. Adapun dalam

mengestimasi biaya pekerjaan dihitung berdasarkan gambar dan spesifikasi atau persyaratan-persyaratan yang diinginkan dalam mengestimasi biaya. Secara umum, yang dimaksud dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek yaitu adalah nilai estimasi biaya yang harus disediakan untuk pelaksanaan sebuah kegiatan proyek yang meliputi biaya bahan, upah dan biaya-biaya lainnya. (Sastraatmadja, 1984).

Dalam menghitung suatu rencana anggaran biaya pada pekerjaan konstruksi, ada beberapa unsur yang harus diperhatikan yaitu Volume Pekerjaan (*quantity*) dan Harga Satuan Pekerjaan (HSP).

METODOLOGI

Data Perancangan

Pada perhitungan struktur bawah jembatan ini akan diperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja. Dalam menentukan desain suatu bangunan diperlukan berbagai pertimbangan melalui data-data yang terkumpul, kemudian dihitung secara detail.

Data lapangan

Data lapangan Jembatan Betapus yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Panjang bentang jembatan $L = 50$ m
- b. Jenis jembatan = Rangka baja Bakrie
- c. Lebar total jembatan $b = 9$ m
- d. Lebar trotoar $b_2 = 1$ m
- e. Lebar lajur lalu lintas $b_1 = 7$ m
- f. Tiang pancang baja:

Diameter	\varnothing	= 50 cm
Tebal	t	= 1,2 cm
- g. Mutu beton abutment = K-350
- h. Lebar sungai = 35 m

Data Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah, didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Dari hasil N-SPT 01 menunjukkan lapisan tanah keras terdapat pada kedalaman 56 meter.
2. Dari hasil N-SPT 02 menunjukkan lapisan tanah keras terdapat pada kedalaman 58 meter.
3. Sifat tanah timbunan pada daerah oprit di belakang abutment sebagai berikut:

Berat volume, γ'	= 13,4 kN/m ³
Sudut geser, ϕ	= 26,66 °
Kohesi, C	= 17 kPa

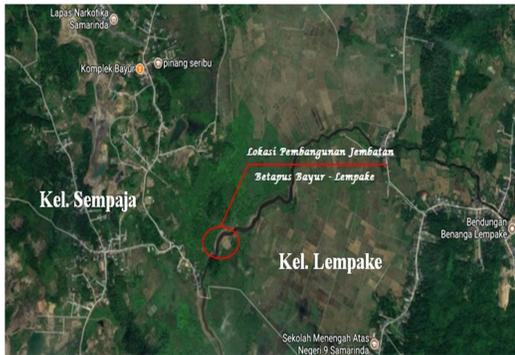
Data-Data Perencanaan

- a. Nama Jembatan : Jembatan Sungai Betapus
- b. Jenis Jembatan : Lalu Lintas Atas
- c. Konstruksi Jembatan : Jembatan Rangka Baja
- d. Data Konstruksi Jembatan
 - Bentang Jembatan : 50 m
 - Lebar Jembatan : 9.0 m (2 lajur)
 - Lebar Lajur : 2 x 3.5 m
 - Lebar Trotoar : 1.00 m
- e. Bangunan Bawah : Abutment Tembok Kantilever
- f. Tipe Pondasi : Pondasi Tiang Pancang



Gambar 2. Kondisi Existing Lokasi Perencanaan Jembatan

Peta Lokasi



Gambar 1. Peta Lokasi Jembatan

HASIL DAN PEMBAHASAN
Perhitungan Bangunan Bawah

- a. Beton

Mutu beton yang digunakan dalam perencanaan konstruksi jembatan dapat dilihat di bawah ini:

 - Pelat lantai dan pelat injak = $f'c - 35$
 - Abutment = $f'c - 30$
 - Pondasi dan wing wal l = $f'c - 30$
- b. Baja Tulangan

Tulangan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah tulangan yang ada dipasaran dengan alasan mudah didapat dan umum bagi pelaksana dilapangan, Mutu baja yang digunakan:

 - Baja tulangan $D > 13$ mm menggunakan U - 39, dengan mutu baja, $f_y = 390$ MPa
 - Baja tulangan $D < 13$ mm menggunakan U - 24, dengan mutu baja, $f_y = 210$ MPa

Kombinasi Beban Kerja Pada Pondasi

Tabel 1. Rekap Beban Kerja

REKAP BEBAN KERJA		Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
NO	Aksi / Beban	Kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
A	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	5757.05			-1171.21	
2	Beb. mati tambahan	MA	885.25			132.79	
3	Tekanan tanah	TA		1118.11		1739.29	
B	Beban Lalu - lintas						
4	Beban lajur "D"	TD	1186.25			177.94	
5	Beban pedestrian	TP	184.00			27.60	

6	Gaya rem	TB		250.00		1050.00	
C Aksi Lingkungan							
7	Temperatur	ET		23.44		67.97	
8	Beban angin	EW	37.03		142.09	5.55	804.1 8
9	Beban gempa	EQ		976.42	976.42	2922.19	3115. 69
10	Tek. tanah dinamis		EQ		469.36	1314.20	
D Aksi Lainnya							
11	Gesekan	FB		643.64		1866.55	

Kontrol Stabilitas Guling

Tabel 2. Kontrol Stabilitas Guling Arah X

N O	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M _x (kN m)	MP X (kN m)	SF	Keterangan
1	KOMBI NASI-1	0 %	801 2.55	906. 40	1602 5.11	17. 68	>2.2 (OK)
2	KOMBI NASI-2	25 %	804 9.58	196 1.95	2012 3.95	10. 26	>2.2 (OK)
3	KOMBI NASI-3	40 %	804 9.58	382 8.50	2253 8.83	5.8 9	>2.2 (OK)
4	KOMBI NASI-4	40 %	804 9.58	389 6.47	2253 8.83	5.7 8	>2.2 (OK)
5	KOMBI NASI-5	50 %	664 2.30	319 7.97	1992 6.91	6.2 3	>2.2 (OK)

Tabel 3. Kontrol Stabilitas Guling Arah Y

N O	Kombinasi Beban	k	P (kN)	M _y (kN m)	M _{py} (kN m)	SF	Keterangan
1	KOMBI NASI-1	0 %	801 2.55		4406 9.04		
2	KOMBI NASI-2	25 %	804 9.58	804. 18	5534 0.87	68. 82	>2.2 (OK)
3	KOMBI NASI-3	40 %	804 9.58	804. 18	6198 1.77	77. 07	>2.2 (OK)
4	KOMBI NASI-4	40 %	804 9.58	804. 18	6198 1.77	77. 07	>2.2 (OK)
5	KOMBI NASI-5	50 %	664 2.30	311 5.69	5479 9.00	17. 59	>2.2 (OK)

Tabel 4. Kontrol Stabilitas Geser Arah X

N O	Kombinasi Beban	k	T _X (kN)	P (kN)	H (kN)	S F	Keterangan
1	KOMBI NASI-1	0 %	111 8.11	801 2.55	477 0.89	4. 27	>1.1 (OK)
2	KOMBI NASI-2	25 %	136 8.11	804 9.58	598 6.85	4. 38	>1.1 (OK)
3	KOMBI NASI-3	40 %	201 1.75	804 9.58	670 5.27	3. 33	>1.1 (OK)
4	KOMBI NASI-4	40 %	203 5.19	804 9.58	670 5.27	3. 29	>1.1 (OK)
5	KOMBI NASI-5	50 %	144 5.77	664 2.30	612 4.38	4. 24	>1.1 (OK)

Tabel 5. Kontrol Stabilitas Geser Arah Y

N O	Kombinasi Beban	k	T _y (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Keterangan
1	KOMBI NASI-1	0 %	0.0 0	801 2.55	477 0.89		
2	KOMBI NASI-2	25 %	142 .09	804 9.58	598 6.85	42. 13	>1.1 (OK)
3	KOMBI NASI-3	40 %	142 .09	804 9.58	670 5.27	47. 19	>1.1 (OK)
4	KOMBI NASI-4	40 %	142 .09	804 9.58	670 5.27	47. 19	>1.1 (OK)
5	KOMBI NASI-5	50 %	976 .42	664 2.30	612 4.38	6.2 7	>1.1 (OK)

Rekap Kombinasi Beban Ultimit Pile Cap
Tabel 6. Rekapitulasi Kombinasi Beban Ultimit Pile Cap

N O	KOMBINASI BEBAN	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kN m)	Muy (kN m)
1	KOMBINASI -1	1167 1.60	1925 .76	170 .51	3461 .21	965. 01
2	KOMBINASI -2	1199 5.17	2569 .40	0.0 0	5376 .29	0.00
3	KOMBINASI -3	1167 1.60	2541 .28	170 .51	5246 .19	965. 01
4	KOMBINASI -4	1203 9.60	1925 .76	170 .51	3516 .41	965. 01
5	KOMBINASI -5	9254. 67	2843 .41	976 .42	5153 .50	3115 .69

Tabel 7. Rekap Beban Ultimit Breast Wall

N O	AKSI / BEBAN	FAK TOR BEBAN	Pu (kN)	Vu x (kN)	Vu y (kN)	Mu x (kN m)	Mu y (kN m)
1	Berat Sendiri	1.30	468 5.9 4				
2	Beb. Mati tambahan	2.00	177 0.5 0				
3	Tekanan tanah	1.25		77 6.4 7		887 .39	
4	Beban lajur "D"	1.80	213 5.2 5				
5	Beban pedestrian	1.80	331 .20				
6	Gaya rem	1.80		45 0.0 0		135 0.0 0	
7	Temperatur	1.20		28. 13		47. 81	
8	Beban angin	1.20	44. 43		17 0.5 1		760 .41
9	Beban gempa	1.00		65 8.5 3	65 8.5 3	175 0.8 5	175 0.8 5
1	Tek.	1.00		30		574	

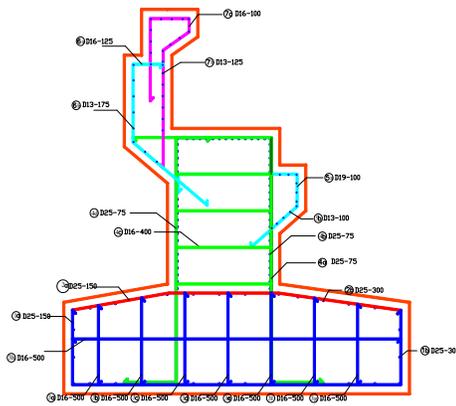
0	Tanah dinamis			3.3 3		.72
1	Gesekan	1.30		83 6.7 3		142 2.4 4

Tabel 8. Rekap kombinasi Beban Ultimit Breast Wall

N O	KOMBINASI BEBAN	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kN m)	Muy (kN m)
1	KOMBINASI -1	8636 .13	1254 .59	170 .51	2285 .20	760. 41
2	KOMBINASI -2	8922 .89	1898 .23	0.0 0	3379 .39	0.00
3	KOMBINASI -3	8636 .13	1870 .10	170 .51	3331 .57	760. 41
4	KOMBINASI -4	8967 .33	1254 .59	170 .51	2285 .20	760. 41
5	KOMBINASI -5	6456 .44	1738 .33	658 .53	3212 .96	1750 .85

Tabel 9. Rekap Hasil Penulangan untuk Struktur Abutment

No	Bagian	Tulangan Pokok	Tulangan Bagi	Tulangan Geser
1	Breast Wall	D 25 – 75	D 25 – 75	D-16 ; Sx - 750 , Sy - 400
2	Back Wall, Atas	D 16 - 100	D 13 – 125	-
3	Back Wall, Bawah	D 16 – 120	D 13 – 175	-
4	Corbel	D 19 – 100	D 13 – 100	-
5	Win Vertikal Wall	D 16 - 125	D 13 – 300	-
	Horisontal	D 16 – 125	D 13 – 300	-
6	Pile cap	D 25 – 150	D 25 – 300	D 16 ; Sx – 600 , Sy – 500



Gambar 3. Pembesian Abutment

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Untuk mendukung kekuatan struktur abutment di rencanakan pondasi tiang pancang baja, berikut perhitungannya:

A. Spesifikasi tiang pancang dari baja:

- Diameter (D) = 500 mm
- Tebal Pipa (t) = 12 mm
- Kuat leleh baja (fy) = 240 Mpa
- Panjang tiang pancang (L) = 36 m
- Berat baja (Wa) = 78,5 kN/m³
- Berat pasir (Ws) = 17,2 kN/m³

B. Dengan parameter tanah dasar sebagai berikut:

- Berat volume tanah (ws) = 13,4 kN/m³
- Sudut gesek dalam (φ) = 26,66°
- Kohesi tanah (C) = 17 kPa

C. Daya Dukung Tiang Tunggal

1) Berdasarkan data kekuatan bahan:

$$Pijin = Pu / SF$$

$$SF = 1,5$$

Dimana:

$$Pu = 0,60 \times fy \times A - 1,2 \times Wp$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times [D^2 - (D-t)^2]$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times [0,5^2 - (0,5 - 0,012)^2] = 0,0093 \text{ m}^2$$

$$Wp = A \times L \times (Wa + Ws)$$

$$= 0,0093 \times 36 \times (78,50 + 17,20)$$

$$= 32,08 \text{ kN}$$

$$Pu = 0,60 \times fy \times A - 1,2 \times Wp$$

$$= 0,60 \times 240 \times 0,0093 - 1,2 \times 32,08$$

$$= 1302,38 \text{ kN}$$

$$Pijin = Pu / SF$$

$$= 1302,38 / 1,5$$

$$= 868,25 \text{ kN}$$

2) Berdasarkan data pengujian N-SPT (Mayerhoff)

$$Pijin = qult / SF$$

$$qult = 40 \times Nb \times Ab + N^- \times As \leq 380 \times N^- \times Ab$$

Dimana:

$$SF = 3$$

Nb = Nilai N-SPT disekitar dasar tiang (8D diatas dasar tiang s/d 4D Dibawah dasar tiang)

$$= (31+31+33+33)/4 = 32$$

N^- = Nilai N-SPT rata-rata disepanjang tiang = (328/18) = 18,22

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,5^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$As = \pi \times D \times L$$

$$= 3,14 \times 0,5 \times 36$$

$$= 56,55 \text{ m}^2$$

$$qult = 40 \times 32 \times 0,196 + 18,22 \times 56,55$$

$$< 380 \times 25,93 \times 53,67$$

$$= 1281,77 \text{ kN} < 1934,78 \text{ kN}$$

$$Pijin = qult / SF$$

$$= 1281,77 / 3$$

$$= 427,25 \text{ kN}$$

D. Perencanaan jumlah tiang pancang

Rekap daya dukung aksial tiang pancang:

Berdasarkan kekuatan bahan = 868,25 kN

1. Berdasarkan SPT (Mayerhoff) = 427,25 kN

Dipakai daya dukung aksial terkecil = 427,25 kN

Jumlah kolom (m) = 3

Jumlah baris (n) = 7

Jarak antar tiang arah x = 1,5 m

Jarak antar tiang arah y = 1,67 m

Jarak dari tepi ke as tiang pancang ujung = 0,5 m

Jumlah tiang pancang (N) = 21

Efisiensi tiang pancang :

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.n.m}$$

$$\text{Dimana } \theta = \text{arc tg } (D/x)$$

$$= \text{arc tg } (0,5/1,5)$$

$$= 18,43$$

$$\text{Maka, } Eg = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.n.m}$$

$$= 1 - 18,43 \frac{(7-1).3 + (3-1).7}{90.3.7}$$

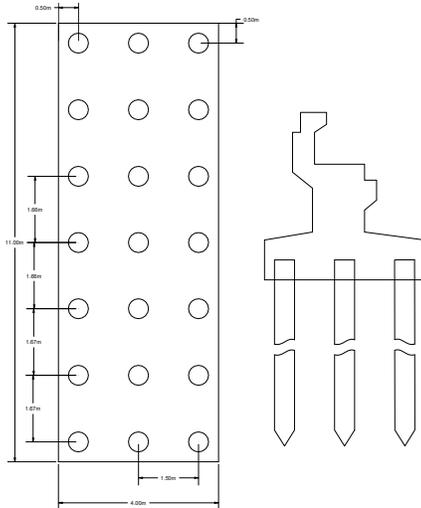
$$= 0,68$$

Daya dukung ijin tiang pancang

$$Qultimit = Eg \times Pijin \times N$$

$$= 0,68 \times 427,25 \times 21$$

$$= 6171,87 \text{ kN}$$



Penurunan Tiang Tunggal

$$S = \frac{D}{Ap \times Ep} + \frac{Q \times L}{100 \times Ap \times Ep}$$

$$= 0,5 + \frac{6171,87 \times 36}{100 \times 0,196 \times (210000 \times 1000)}$$

$$= 0,0103 \text{ m}$$

$$= 1,03 \text{ cm}$$

Penurunan Kelompok Tiang

$$Sg(c) = S \times \sqrt{Bg / D}$$

$$= 1,03 \times \sqrt{400 / 500}$$

$$= 0,92 \text{ cm}$$

Gambar 4. Parameter Tiang Pancang

Tabel 10. Daftar Kuantitas dan Harga

DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA					
PPK : Pembangunan Jalan dan Jembatan No. Paket Kontrak : Nama Paket : Pembangunan Jembatan Betapus Prop / Kab / Kodya : Kalimantan Timur, Samarinda					
No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f=(d x e)
DIVISI 1. UMUM					
1.2	Mobilisasi	LS	1.0	391,772,168	391,772,168
1.8.(1)	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1.0	17,900,000	17,900,000
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					409,672,168
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH					
3.1.(1a)	Galian Biasa	M ³	491.7	152,317.47	74,894,043
3.1.(3)	Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	M ³	147.4	76,989.98	11,349,170
3.2.(2a)	Timbunan Pilihan dari sumber galian	M ³	1,689.8	433,442.08	732,416,557
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					818,659,770
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1.(1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	144.0	920,698.82	132,580,630
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					132,580,630
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL					
6.1 (2)(a)	Lapis Perekat - Aspal Cair	Liter	1,176.00	13,233.64	15,562,761
6.3(5c)	Laston Lapis Aus Perata (AC-WC(L))	Ton	170.5	1,472,144.41	251,030,065
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					266,592,825

DIVISI 7. STRUKTUR					
7.1 (4) a	Beton mutu tinggi f'c:35 MPa untuk lantai jembatan	M ³	90.0	3,271,173.39	294,405,605
7.1 (4) b	Beton mutu tinggi f'c:35 MPa untuk plat injak	M ³	8.8	3,271,173.39	28,622,767
7.1 (5) a	Beton mutu sedang f'c:30 MPa untuk abutment	M ³	173.0	3,088,529.34	534,272,337
7.1 (5) b	Beton mutu sedang f'c:30 MPa untuk wing wall	M ³	15.9	3,088,529.34	48,953,190
7.1 (5) c	Beton mutu sedang f'c:30 MPa untuk oprit jembatan	M ³	288.0	3,088,529.34	889,496,451
7.1 (5) d	Beton mutu sedang f'c:30 MPa untuk isian tiang pancang	M ³	756.0	3,088,529.34	2,334,928,183
7.1 (6)a	Beton mutu sedang f'c:25 Mpa untuk trotoar oprit	M ³	80.0	2,498,795.44	199,903,636
7.1 (6)b	Beton mutu sedang f'c:25 Mpa untuk trotoar jembatan	M ³	25.0	2,498,795.44	62,469,886
7.1 (6)c	Beton mutu sedang f'c:25 Mpa untuk plat pondasi pas batu	M ³	91.0	2,498,795.44	227,390,385
7.1 (7)a	Beton mutu sedang f'c:20 MPa untuk dinding parapet	M ³	3.9	2,420,404.95	9,439,579
7.1 (7) b	Beton mutu sedang f'c:20 MPa untuk tiang sandaran oprit	M ³	65.60	2,420,404.95	158,778,565
7.1 (10)a	Beton mutu rendah f'c:10 Mpa untuk lantai kerja abutment	M ³	8.8	1,700,987.84	14,968,693
7.1 (10)b	Beton mutu rendah f'c:10 Mpa untuk lean concrete perkerasan oprit	M ³	144.0	1,700,987.84	244,942,248
7.3 (2)	Baja Tulangan U 32 Polos	Kg	5,043.2	27,346.48	137,913,425
7.3 (4)	Baja Tulangan U 39 Ulir	Kg	126,658.2	32,136.64	4,070,367,806
7.4 (3) b	Pengadaan Struktur Jembatan Rangka Baja Panjang 50 m, Lebar 9 m	Buah	1.0	4,963,462,848.00	4,963,462,848
7.5 (1)	Pemasangan jembatan Rangka Baja	Kg	129,852.0	3,710.18	481,773,906
7.5 (2)	Pengangkutan Bahan Jembatan	Kg	129,852.0	6,262.66	813,219,464
7.6 (6)	Penyediaan Tiang Pancang Kayu Ukuran 100x100 mm H=4m	M ¹	1,728.0	117,521.79	203,077,646
7.6 (8) b	Penyediaan Tiang Pancang Baja Diameter 500 mm dengan tebal 12 mm	M ¹	1,512.0	2,715,871.29	4,106,397,386
7.6 (13)	Pemancangan Tiang Pancang Kayu Ukuran 100x100 mm H=4m	M ¹	1,728.0	176,932.60	305,739,533
7.6 (14) a	Pemancangan Tiang Pancang Baja Diameter 500 mm dg tebal 12 mm	M ¹	1,512.0	300,482.82	454,330,026
7.9.(1)	Pasangan Batu	M3	924.5	1,016,525.49	939,757,485
7.11.(2)	Expansion Joint Tipe Rubber 1	M ¹	10.0	1,200,000.00	12,000,000
7.12.(3)	Perletakan Elastomerik Sintetis Ukuran 80mm x 250 mm x 150 mm	buah	10.0	385,500.00	3,855,000
7.13.(1)	Sandaran (Railing) untuk Jembatan	M ¹	200.0	1,221,978.04	244,395,608
7.13.(1)b	Sandaran (Railing) untuk Oprit	M ¹	106.7	1,210,478.04	129,117,658
7.14.(1)	Papan Nama Jembatan	buah	2.0	748,799.50	1,497,599
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					22,897,701,494
DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR					
8.4.(1)	Marka Jalan Termoplastik	M ²	63.0	276,130.69	17,396,234
8.4.(9)	Mata Kucing	Buah	70.0	478,603.96	33,502,277
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 8 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					50,898,511

Tabel 11. Rekapitulasi untuk HSPK 2016

REKAPITULASI PERKIRAAN HARGA PEKERJAAN		
Proyek / Bagpro : Pembangunan Jalan dan Jembatan		
No. Paket Kontr :		
Nama Paket : PEMBANGUNAN JEMBATAN SUNGAI BETAPUS		
Prop / Kab / Kod : Kalimantan Timur/ Samarinda		
No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	409,672,168
3	Pekerjaan Tanah	818,659,770
5	Pekerasan Berbutir	132,580,630
6	Perkerasan Aspal	266,592,825
7	Struktur	22,897,701,494
8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	50,898,511
(A) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)		24,576,105,397
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		2,457,610,540
(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		27,033,715,937
(D) PEMBULATAN		27,033,715,000
Terbilang : Dua Puluh Tujuh Milyar Tiga Puluh Tiga Juta Tujuh Ratus Lima Belas Ribu Rupiah		

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain Abutment Jembatan Betapus

- Abutment dirancang dengan tipe kantilever, tinggi 4,2 m dan lebar 4 m.
- Kontrol Stabilitas Guling dan Geser
Dari hasil perhitungan, kontrol stabilitas guling didapat $SF > 2,2$ dan kontrol stabilitas geser didapat $SF > 1,1$, maka perhitungan dinyatakan aman.

- Kontrol Daya Dukung Tanah

Dari hasil perhitungan daya dukung tanah didapat $SF > 3$ maka dinyatakan aman, tetapi pilecap belum mencapai lapisan tanah keras maka tetap direncanakan pondasi tiang pancang.

- Daya Dukung Tiang Pancang

Dari hasil perhitungan pancang diperoleh daya dukung ijin tiang Qultimit sebesar 6171,87 kN.

- Dari hasil perhitungan dimensi abutment maka didapat penulangan abutment sebagai berikut:

No	Bagian	Tulangan Pokok	Tulangan Bagi	Tulangan Geser
1	Breast Wall	D 25 – 75	D 25 – 75	D-16 ; Sx - 750 , Sy - 400
2	Back Wall, Atas	D 16 -100	D 13 – 125	-
3	Back Wall, Bawah	D 16 – 120	D 13 – 175	-
4	Corbel	D 19 – 100	D 13 – 100	-
5	Wing Wall Vertikal	D 16 - 125	D 13 – 300	-
	Horisontal	D 16 – 125	D 13 – 300	-
6	Pile cap	D 25 – 150	D 25 – 300	D 16 ; Sx – 600 , Sy – 500

Pondasi

Pondasi yang digunakan pada Jembatan Betapus ini adalah pondasi tiang pancang baja dengan dimensi : diameter 500 mm, tebal 12 mm dan panjang 36 m, serta lebar pile cap arah X = 4 m dan arah Y = 11 m.

Rencana Anggaran Biaya

Dari hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya didapatkan jumlah harga pekerjaan untuk HSPK 2016 sebesar Rp. 27,033,715,000,00 (Dua Puluh Tujuh Milyar Tiga Puluh Tiga Juta Tujuh Ratus Lima Belas Ribu Rupiah).

Saran

1. Dalam mendesain dimensi abutment sebaiknya melakukan *trial* sehingga didapat *safety factor* yang tidak terlalu besar atau boros agar dimensi abutment tetap aman dan ideal.
2. Dalam perencanaan pondasi tiang pancang bisa menggunakan tiang pancang dengan diameter yang lebih besar agar lebih aman.
3. Pada jalan pendekat tinggi timbunan ± 4 m maka perlu diperhatikan kontruksi dinding penahan tanah untuk jalan pendekat jembatan.
4. Dalam perhitungan rencana anggaran biaya sebaiknya menggunakan daftar harga satuan pokok kegiatan (HSPK) yang terbaru sesuai daerah masing-masing.

Tiga. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Edisi Ke Tiga. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, Panduan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Jalan dan Jembatan Berdasarkan Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3.

Pranoto, Yudi. (2016). *Jembatan Baja. Bahan Ajar*. Samarinda: Program Studi Rekayasa Jalan dan Jembatan. Politeknik Negeri Samarinda.

Sardjono, HS. (1991). *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid 1. Penerbit Sinar Wijaya: Surabaya.

Saatraatmadja, A. Soedradjat. (1984). *Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung.

Simatupang, PT. (2016). *Rekayasa Pondasi 2*. Modul Kuliah. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Mercu Buana.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional T-02. (2005). *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional 03-2847. (2002), *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional Pd T-11. (2003). *Pedoman Perencanaan Timbunan Jalan Pendekat Jembatan*. Jakarta.

Fahriani, F. (2015). *Analisa Daya Dukung Tanah Dan Penurunan Pondasi Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka*, Universitas Bangka Belitung.

Hardiyatmo, H.C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Edisi Ke