

Perencanaan Dermaga Produk Curah Cair Kapal 10.000 DWT di Pelabuhan Kilang Minyak Tuban, Jawa Timur

Fransisco Pascalino Adriana, Fuddoly, dan Cahya Buana
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: cahya2772@gmail.com

Abstrak—Indonesia mengalami peningkatan kebutuhan akan minyak sejak 1 dekade terakhir dikarenakan tingginya tingkat konsumsi masyarakat. Pemerintah mencanangkan untuk menumbuhkan industri Kilang Minyak sebagai upaya pencapaian ketahanan energi di Indonesia. Salah satunya akan dibangun Kilang Minyak di kabupaten Tuban, Jawa Timur yang diharapkan dapat meningkatkan penyediaan minyak mentah serta bahan bakar dalam negeri sehingga tidak bergantung pada impor. Kilang Minyak di kabupaten Tuban membutuhkan fasilitas yang memadai di area pelabuhan untuk menunjang produktifitasnya. Maka dari itu, perlu direncanakan dermaga produk untuk kegiatan *loading* dan pendistribusian hasil produksi minyak dengan kapasitas kapal sebesar 10.000 DWT. Pembangunan dermaga tersebut memerlukan perencanaan detail struktur seperti *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *catwalk*, *trestle*, serta aksesoris dermaga berupa fender dan bollard. Lalu, melakukan evaluasi terhadap *layout* perairan serta daratan di area pelabuhan Kilang Minyak Tuban terhadap *masterplan* yang telah ada. Dan yang terakhir merencanakan metode pelaksanaan serta estimasi anggaran biaya dari pembangunan dermaga tersebut. Hasil dari perencanaan struktur dermaga produk curah cair ini diperoleh dimensi *loading platform* 15 x 20 m², *breasting dolphin* 5 x 5 m², *mooring dolphin* 3,8 x 3,8 m², *catwalk* 1,2 x 5,75 m² – 1,2 x 34,6 m² – 1,2 x 29 m², dan *trestle* 6 x 194 m². Rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam pembangunan dermaga ini sebesar Rp 80.471.264.000.-

Kata Kunci—Dermaga Curah Cair, Evaluasi *Layout*, Perencanaan Struktur, Metode Pelaksanaan, Rencana Anggaran Biaya.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan minyak di Indonesia sangat meningkat sejak 1 dekade terakhir. Kilang Minyak yang ada di Indonesia masih belum dapat mengakomodir kebutuhan minyak (khususnya BBM) dalam negeri. Pada tahun 2000, Indonesia masih mampu memenuhi kebutuhan minyak mentah dengan tingkat produksi 1,4 juta barel/hari dibandingkan jumlah konsumsi berada di nilai 1,15 juta barel/hari. Lalu pada pertengahan tahun 2002, jumlah produksi dan konsumsi minyak mentah berada di titik yang sama, setidaknya tidak terjadi kekurangan di tahun tersebut. Namun hal memprihatinkan terjadi pada tahun 2018, dimana produksi minyak mentah di Indonesia sebesar 772 ribu barel/hari sedangkan kebutuhan konsumsi minyak mentah di tahun yang sama yaitu lebih dari 1,7 juta barel/hari. Maka dari itu, Indonesia mengimpor minyak dari luar negeri untuk memenuhi sisa kebutuhan yang tentunya memakan biaya besar [1].

Pemerintah mencanangkan untuk menumbuhkan industri Kilang Minyak sebagai upaya pencapaian ketahanan energi di Indonesia. Salah satunya akan dibangun Kilang Minyak di



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Pelabuhan Kilang Minyak Tuban.

kabupaten Tuban, Jawa Timur yang mampu memproduksi minyak sebesar 300 ribu barel/hari. Selain itu, pemerintah memilih kabupaten Tuban untuk menjadi lokasi pembangunan Kilang Minyak karena didukung dari segi geografis maupun ekonomi. Kilang Minyak di kabupaten Tuban menggunakan sistem terintegrasi PT. TPPI (*Trans Pacific Petrochemical Indonesia*) yang berada tidak jauh dari lokasi pembangunan. Kilang Minyak di kabupaten Tuban diharapkan dapat meningkatkan penyediaan minyak mentah serta bahan bakar dalam negeri, sehingga Indonesia dapat menurunkan ketergantungan terhadap impor [2].

Kilang Minyak di kabupaten Tuban memerlukan fasilitas yang memadai guna menunjang produktifitasnya. Kilang Minyak tersebut umumnya melaksanakan kegiatan *unloading* bahan baku minyak hingga kegiatan *loading* untuk keperluan distribusi, maka dari itu perlu dibuat pelabuhan yang dapat menunjang kegiatan-kegiatan tersebut. Direncanakan di area pelabuhan terdapat dermaga curah cair untuk kegiatan *unloading* bahan baku minyak, dermaga produk untuk kegiatan *loading* dan pendistribusian hasil produksi, serta dermaga konstruksi yang diperlukan selama kegiatan pembangunan Kilang Minyak. Di dalam perencanaan ini akan membahas mengenai perencanaan detail dermaga produk curah cair di pelabuhan Kilang Minyak Tuban dengan menggunakan kapal rencana *oil tanker product* dengan kapasitas 10.000 DWT.

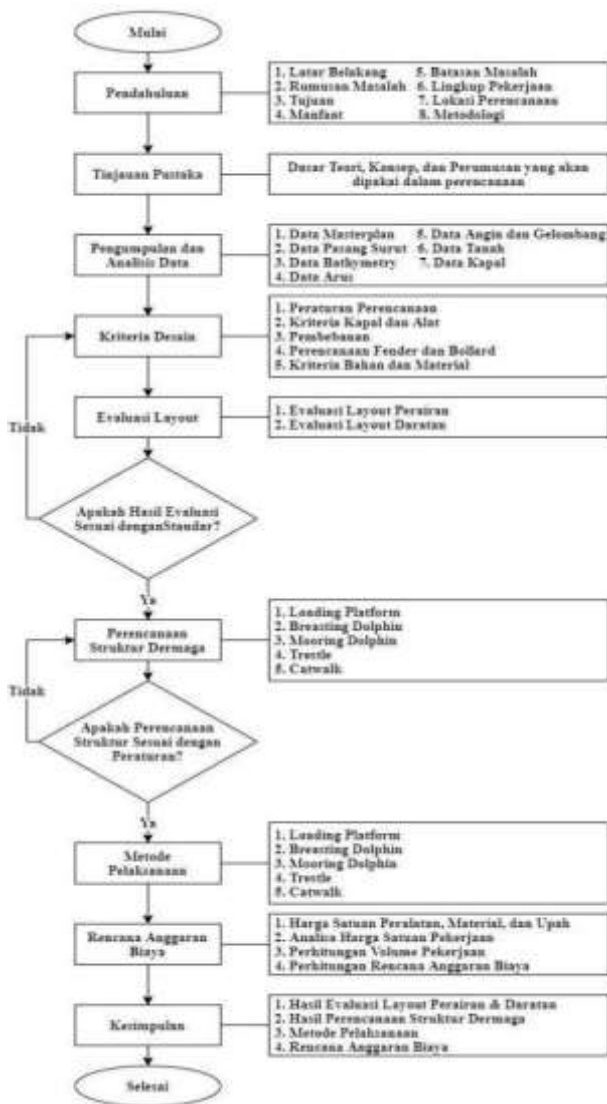
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan dermaga curah cair ini terletak di pelabuhan Kilang Minyak Tuban, Jawa Timur yang dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Diagram Alir Perencanaan

Diagram alir perencanaan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan.



Gambar 3. Masterplan Pelabuhan Kilang Minyak Tuban.

C. Pengumpulan dan Analisa Data

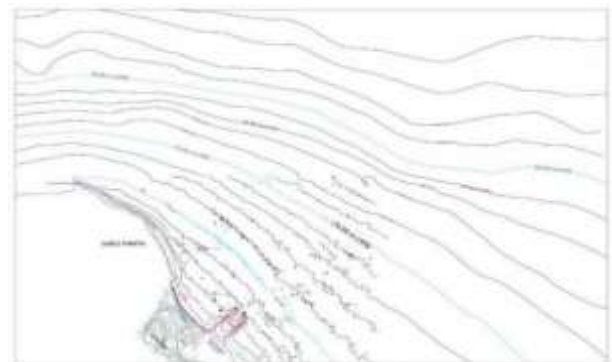
1) Data Masterplan

Masterplan kilang minyak Tuban ditunjukkan pada Gambar 3.

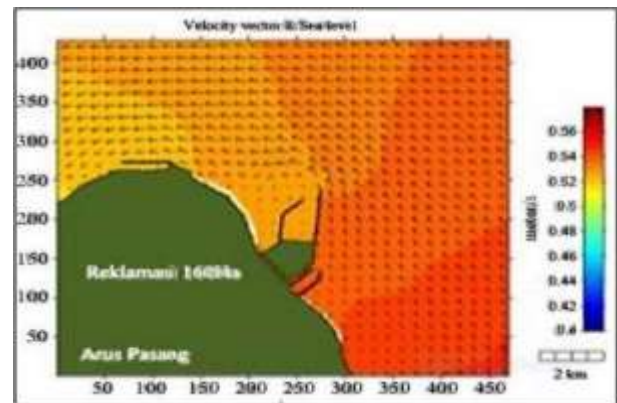
2) Data Pasang Surut

Hasil analisa data pasang surut :

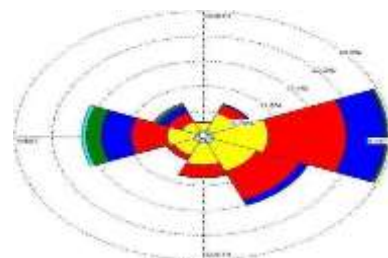
- hhwl (Highest High Water Level) : + 2,125 mLLWL
- MSL (Mean Sea Level) : + 1,063 mLLWL
- LLWL (Lowest Low Water Level) : ± 0,000 mLLWL
- Beda pasang surut : 2,125 m



Gambar 4. Peta Bathymetry Pelabuhan Kilang Minyak Tuban.



Gambar 5. Pola Arus Pasang di Area Pelabuhan.



Gambar 6. Diagram Windrose Perairan Tuban (1999–2018).

3) Data Bathymetry

Peta bathymetry pelabuhan kilang minyak Tuban ditunjukkan pada Gambar 4.

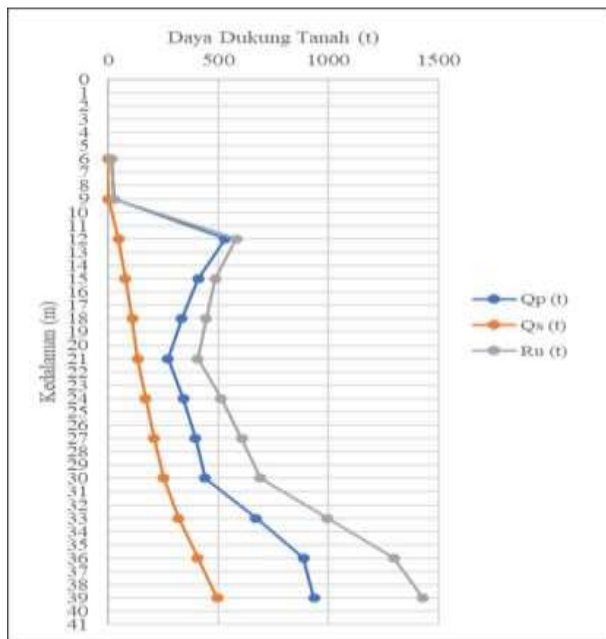
4) Data Arus

Pola arus pasang di pelabuhan ditunjukkan pada Gambar 5.

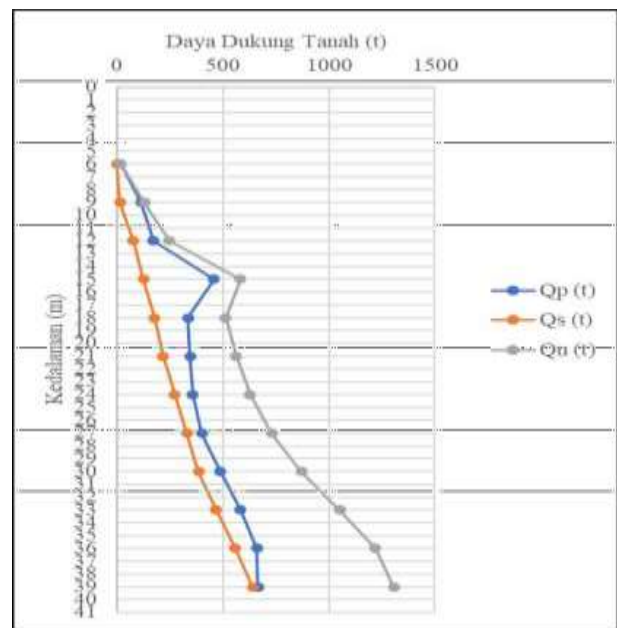
5) Data Angin dan Gelombang

Setelah dilakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin dan fetch efektif, diperoleh tinggi dan periode gelombang maksimal setiap tahun. Selanjutnya membuat probability plot beberapa distribusi dan model Empirical Cumulative Distribution Function (CDF) dengan periode ulang 50 tahunan, sehingga diperoleh tinggi gelombang $H_{50} = 2,573$ m dengan periode gelombang $T_p = 8,502$ s seperti yang ditunjukkan Gambar 6.

Tinggi serta periode gelombang yang telah dihitung sebelumnya merupakan tinggi dan periode gelombang di muka breakwater. Di dalam perencanaan ini, tinggi gelombang rencana yang digunakan yakni tinggi gelombang yang berada di depan dermaga. Maka dari itu perlu dihitung kembali tinggi gelombang yang berada di kolam dermaga dengan mempertimbangkan defraksi gelombang akibat adanya breakwater. Perhitungan mengacu pada, sehingga



Gambar 7. Daya Dukung Tanah Metode OCDI



Gambar 8. Daya Dukung Tanah Metode Luciano Decourt.

Tabel 1.
Hasil Evaluasi *Layout* Perairan

Layout Perairan		Evaluasi	Digunakan
Area	Diameter	450 m	450 m
Penjangkaran	Kedalaman	-9,5 mLLWL	-16 mLLWL
Alur	Lebar	92 m	184 m
Pelayaran	Panjang	2735 m	3188 m
	Kedalaman	-9 mLLWL	-14 mLLWL
Kolam Putar	Diameter	300 m	300 m
	Kedalaman	-9 mLLWL	-14 mLLWL
Kolam Dermaga	Lebar	70 m	70 m
	Panjang	185 m	185 m
Dermaga	Kedalaman	-9 mLLWL	-10 mLLWL

diperoleh tinggi gelombang di kolam dermaga yakni sebesar 0,193 m ≈ 0,2 m [3].

6) *Data Tanah*

Analisa data tanah sangat penting untuk mengetahui daya dukung tanah sehingga dapat direncanakan kebutuhan kedalaman pondasi. Setelah mengumpulkan data tanah yang dapat mewakili kondisi tanah di lokasi perencanaan, kemudian dilakukan perhitungan daya dukung tanah dengan menggunakan metode OCDI dan Luciano Decourt dengan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 [4-5]

7) *Data Kapal*

Spesifikasi kapal rencana yang digunakan berdasarkan, yakni sebagai berikut :

- a. Tipe : *Product and Chemical Tankers*
- b. Kapasitas : 10.000 DWT
- c. DT : 15.000 t
- d. LOA : 145 m
- e. B : 19 m
- f. Draft : 7,8 m
- g. Depth : 9,9 m

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Evaluasi Layout*

Pada *masterplan* digunakan kapal *oil tanker* 40.000 DWT sebagai kapal rencana, namun pada perencanaan ini digunakan kapal 10.000 DWT. Maka dari itu, perlu dievaluasi

Tabel 2.
Hasil Evaluasi *Layout* Daratan

Layout Daratan		Evaluasi	Digunakan
Loading Platform	Lebar	20 m	20 m
	Panjang	15 m	15 m
	Elevasi	+3,5 mLLWL	+3,5 mLLWL
Breasting Dolphin	Lebar	5 m	5 m
	Panjang	5 m	5 m
	Elevasi	+3,5 mLLWL	+3,5 mLLWL
Mooring Dolphin	Jarak BD	36,5 m	36,5 m
	Lebar	3,8 m	3,8 m
Trestle	Panjang	3,8 m	3,8 m
	Elevasi	+3,5 mLLWL	+3,5 mLLWL
	Panjang	194 m	194 m
Catwalk 1	Lebar	6 m	6 m
	Panjang	5,75 m	5,75 m
Catwalk 2	Lebar	1,2 m	1,2 m
	Panjang	33,6 m	33,6 m
Catwalk 3	Lebar	1,2 m	1,2 m
	Panjang	29 m	29 m

Tabel 3.
Kebutuhan Tulangan *Breasting Dolphin*

Arah	Posisi	Momen (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	s (mm)
X	Lapangan	Mlx 14096584	4.245	4947.36	100
	Tumpuan	Mtx 11594836	4.680	3951.46	100
Y	Lapangan	Mly 6682719	6.038	2395.11	100
	Tumpuan	Mty -5998494	6.373	2106.44	100

dan dilakukan penyesuaian apakah *layout* perairan maupun daratan telah sesuai dengan kebutuhan berdasarkan [4], [6-7].

1) *Layout Perairan*

Hasil evaluasi *layout* perairan seperti area penjangkaran, alur pelayaran, kolam putar, dan kolam dermaga dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 9.

2) *Layout Daratan*

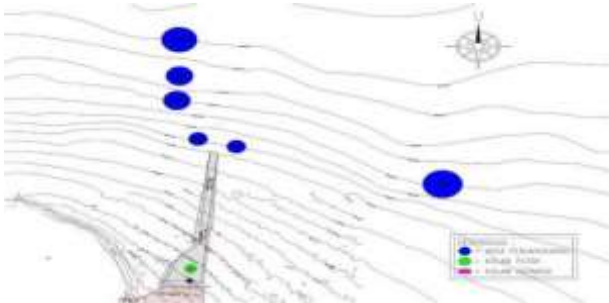
Hasil evaluasi *layout* daratan seperti *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *catwalk*, dan *trestle* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 10.

B. *Perencanaan Struktur*

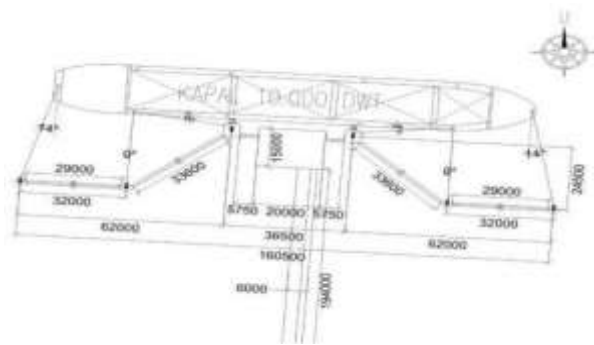
Perencanaan struktur dermaga meliputi *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *loading platform*, *trestle*, dan *catwalk* dengan berdasarkan pada [4], [6-9].

Tabel 4.
Kontrol Retak Tulangan *Breasting Dolphin*

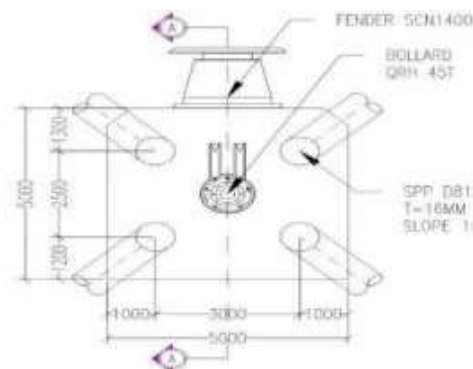
Arah	Posisi	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
X	Lapangan	6605.20	-0.617	(OK)	D29 - 100
	Tumpuan	6605.20	-0.626	(OK)	D29 - 100
Y	Lapangan	6605.20	-0.616	(OK)	D29 - 100
	Tumpuan	6605.20	-0.620	(OK)	D29 - 100



Gambar 9. Hasil Evaluasi *Layout* Perairan.



Gambar 10. Hasil Evaluasi *Layout* Daratan.



Gambar 11. *Layout Breasting Dolphin*.

1) *Breasting Dolphin*

a. Perencanaan *Layout*

Perencanaan *layout Breasting Dolphin* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 11.

b. Perencanaan Tulangan

Kebutuhan Tulangan dan Kontrol Retak Tulangan *Breasting Dolphin* ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

c. Perencanaan Pondasi

Diperoleh kedalaman minimum pondasi *Breasting Dolphin* yakni 30 m dari *seabed* atau -34 mLLWL.

2) *Mooring Dolphin*

a. Perencanaan *Layout*

Perencanaan *layout Mooring Dolphin* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 12.

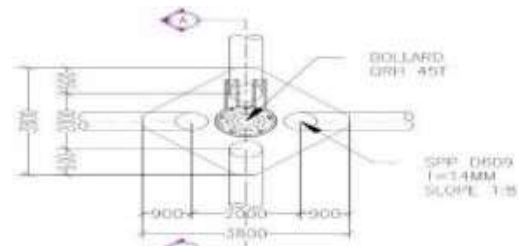
b. Perencanaan Tulangan

Tabel 5.
Kebutuhan Tulangan *Mooring Dolphin*

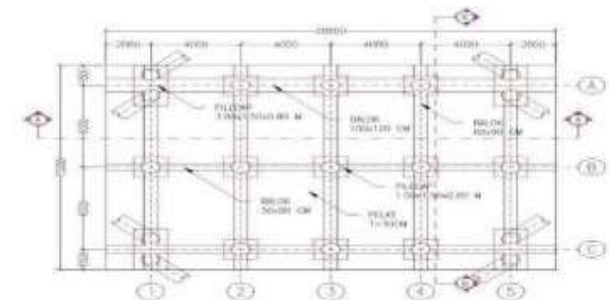
Arah	Posisi	Momen (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	s (mm)	
X	Lapangan	Mlx	14485933	4.187	4947.36	100
	Tumpuan	Mtx	-17070349	3.857	5830.01	100
Y	Lapangan	Mly	14758106	4.063	5119.79	100
	Tumpuan	Mty	-16365939	3.858	5709.72	100

Tabel 6.
Kontrol Retak Tulangan *Mooring Dolphin*

Arah	Posisi	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
X	Lapangan	6605.20	-0.617	(OK)	D29 - 100
	Tumpuan	6605.20	-0.610	(OK)	D29 - 100
Y	Lapangan	6605.20	-0.589	(OK)	D29 - 100
	Tumpuan	6605.20	-0.584	(OK)	D29 - 100



Gambar 12. *Layout Mooring Dolphin*.



Gambar 13. *Layout Loading Platform*.

Kebutuhan Tulangan dan Kontrol Retak Tulangan *Mooring Dolphin* ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

c. Perencanaan Pondasi

Diperoleh kedalaman minimum pondasi *Mooring Dolphin* yakni 23 m dari *seabed* atau -27 mLLWL.

3) *Loading Platform*

a. Perencanaan *Layout*

Perencanaan *layout Loading Platform* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 13.

b. Perencanaan Pelat

Kebutuhan Tulangan Pelat dan Kontrol Tulangan Pelat *Loading Platform* ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

c. Perencanaan Balok

Kebutuhan Tulangan Utama, Kontrol Retak Tulangan, dan Kebutuhan Tulangan Geser *Loading Platform* ditunjukkan pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11.

d. Perencanaan *Pile Cap*

Kebutuhan Tulangan dan Kontrol Retak Tulangan *Pile Cap* Geser *Loading Platform* ditunjukkan pada Tabel 12 dan Tabel 13.

e. Perencanaan Pondasi

Diperoleh kedalaman minimum pondasi *Loading Platform* yakni 27 m dari *seabed* atau -31 mLLWL.

Tabel 7.

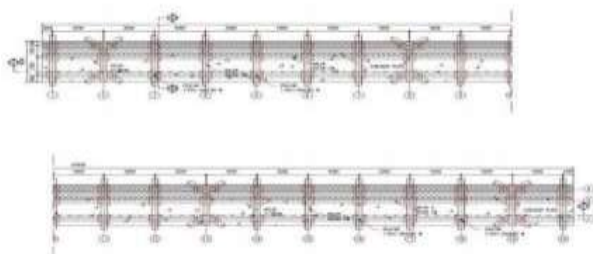
Kebutuhan Tulangan Pelat Loading Perform

Tipe Pelat	Ly / Lx	Momen Pelat (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	s (mm)
A	1.7 (DUA ARAH)	Mlx	92896	8.259	182.93
		Mtx	-92896	8.259	182.93
		Mly	56644	9.814	127.96
B	3.4 (SATU ARAH)	Mtx	-56644	9.814	127.96
		Mlx	244702	5.089	533.56
		Mty	-244702	5.089	533.56
C	3.088 (SATU ARAH)	Mlx	86099	7.961	166.67
		Mtx	-253765	4.637	127.36
		Mly	61176	10.177	127.36
D	1.544 (DUA ARAH)	Mlx	-61176	10.177	127.36
		Mtx	21525	15.921	166.67
		Mty	-63441	9.274	166.67
		Mlx	345697	4.281	763.93
		Mtx	-357239	4.212	795.90
		Mly	223318	4.943	527.95
		Mty	-216315	5.022	509.00

Tabel 8.

Kontrol Letak Tulangan Pelat Loading Perform

Tipe Pelat	Ly / Lx	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
A	1.7 (DUA ARAH)	1206.37	-0.293	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.293	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.258	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.258	(OK)	D16 - 150
B	3.4 (SATU ARAH)	1206.37	-0.275	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.275	(OK)	D16 - 150
C	3.088 (SATU ARAH)	1206.37	-0.298	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.298	(OK)	D16 - 150
D	1.544 (DUA ARAH)	1206.37	-0.265	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.263	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.235	(OK)	D16 - 150
		1206.37	-0.236	(OK)	D16 - 150



Gambar 14. Layout Trestle.

4) Trestle

a. Perencanaan Layout

Perencanaan layout Trestle yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 14.

b. Perencanaan Pelat

Kebutuhan Tulangan Pelat dan Kontrol Tulangan Pelat Trestle ditunjukkan pada Tabel 14 dan Tabel 15.

c. Perencanaan Balok

Kebutuhan Tulangan Utama, Kontrol Retak Tulangan, dan Kebutuhan Tulangan Geser Trestle ditunjukkan pada Tabel 16, Tabel 17, dan Tabel 18.

d. Perencanaan Pile Cap

Kebutuhan Tulangan dan Kontrol Retak Tulangan Pile Cap Trestle ditunjukkan pada Tabel 19 dan Tabel 20.

e. Perencanaan Pondasi

Tabel 9.

Kebutuhan Tulangan Utama Balok Loading Platform

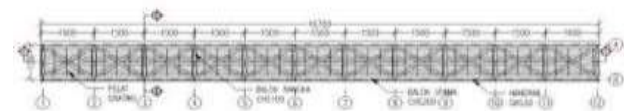
Tipe Balok	Posisi	Momen Balok (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	Tulangan Tarik Tulangan pakai
Balok	Tumpuan	-3193982	3.912	2070.87	6D22
Memanjang 60/90	Lapangan	2582108	4.351	1575.53	6D22
Balok	Tumpuan	-1853338	4.099	1318.82	4D22
Melintang 50/80	Lapangan	694409	6.697	435.70	4D22
Balok	Tumpuan	-3217543	6.928	1372.19	4D22
MLA 100/120	Lapangan	2835770	7.380	1128.57	4D22

Tipe Balok	Posisi	Tulangan Tekan As perlu (mm ²)	Tulangan pakai	Tulangan Samping As perlu (mm ²)	Tulangan pakai
Balok	Tumpuan	912.32	3D22	228.08	2D16
Memanjang 60/90	Lapangan	912.32	3D22	228.08	2D16
Balok	Tumpuan	608.21	2D22	152.05	2D16
Melintang 50/80	Lapangan	608.21	2D22	152.05	2D16
Balok	Tumpuan	608.21	2D22	152.05	2D16
MLA 100/120	Lapangan	608.21	2D22	152.05	2D16

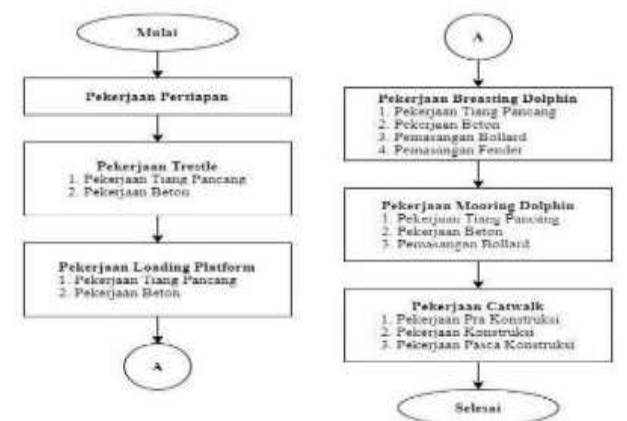
Tabel 10.

Kontrol Retak Tulangan Balok Loading Platform

Tipe Balok	Posisi	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket
Balok	Tumpuan	2280.80	-0.018	(OK)
Memanjang 60/90	Lapangan	2280.80	-0.022	(OK)
Balok	Tumpuan	1520.53	-0.026	(OK)
Melintang 50/80	Lapangan	1520.53	-0.039	(OK)
Balok MLA 100/120	Tumpuan	1520.53	-0.369	(OK)
	Lapangan	1520.53	-0.373	(OK)



Gambar 15. Layout Catwalk.



Gambar 16. Diagram Alir Metode Pelaksanaan.

Diperoleh kedalaman minimum pondasi Trestle yakni 13 m dari seabed atau -17 mLLWL.

5) Catwalk

a. Perencanaan Layout

Perencanaan layout Catwalk yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 15.

b. Perencanaan Balok

Tabel 11.

Kebutuhan Tulangan Geser Balok Loading Platform

Tipe Balok	Posisi	As pasang (kg/cm ²)	as (cm)	Tulangan Pakai
Balok	Tumpuan	12.28	12.16	D13-100
Memanjang 60/90	Lapangan	8.64	17.28	D13-150
Balok	Tumpuan	4.37	27.31	D13-100
Melintang 50/80	Lapangan	3.70	32.36	D13-150
Balok MLA 100/120	Tumpuan	4.57	21.77	D13-100
	Lapangan	2.29	43.54	D13-150

Tabel 12.

Kebutuhan Tulangan Pile Cap Loading Platform

Arah		Momen (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)
X	Mx	21602388	2.859	15957.67	100	16513.00
Y	My	10303640	3.052	7099.35	100	7926.24

Arah		As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)	As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)
X		16513.00	100	16513.00	1651.30	100	2642.08
Y		7926.24	100	7926.24	792.62	100	2642.08

Tabel 13.

Kontrol Letak Tulangan Pile Cap Loading Platform

Arah	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
X	16513.00	0.0062	(OK)	D29 - 100
Y	7926.24	0.0023	(OK)	D29 - 100

Tabel 14.

Kebutuhan Tulangan Pelat Trestle

Tipe Pelat	Ly / Lx	Momen Pelat (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	s (mm)
A	3	Mlx	6403	31.457	87.91
		Mtx	-6403	31.457	87.91
		Mly	2253	49.210	
B	2.095	Mlx	290477	4.671	638.98
		Mtx	-290477	4.671	638.98
		Mly	159294	5.852	
C	1.429	Mlx	18392	18.561	87.91
		Mtx	-18392	18.561	87.91
		Mly	12342	21.026	81.58
D	6.286	Mlx	252996	5.005	553.73
		Mtx	-252996	5.005	553.73
		Mly	89017	7.829	

Kontrol Balok *Catwalk* ditunjukkan pada Tabel 21.

c. Perencanaan Dudukan

Kontrol Dudukan *Catwalk* ditunjukkan pada Tabel 22 dan Tabel 23.

d. Perencanaan Pondasi

Diperoleh kedalaman minimum pondasi *Catwalk* yakni 13 m dari seabed atau -17 mLLWL.

C. Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan konstruksi dari dermaga produk curah cair di pelabuhan Kilang Minyak Tuban dapat dilihat pada Gambar 16.

D. Rencana Anggaran Biaya

Harga material dan upah digunakan berdasarkan indeks kemahalan di wilayah kabupaten Tuban sebesar 0,8032.

Tabel 15.

Kontrol Retak Tulangan Pelat Trestle

Tipe Pelat	Ly / Lx	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
A	3	1206.37	-	(OK)	D16 - 150
		1206.37	0.302	(OK)	D16 - 150
B	2.095	1206.37	-	(OK)	D16 - 150
		1206.37	0.270	(OK)	D16 - 150
C	1.429	1206.37	-	(OK)	D16 - 150
		1206.37	0.302	(OK)	D16 - 150
D	6.286	1206.37	-	(OK)	D16 - 150
		1206.37	0.274	(OK)	D16 - 150

Tabel 16.

Kebutuhan Tulangan Utama Balok Trestle

Tipe Balok	Posisi	Momen Balok (kgcm)	Ca	As perlu (mm ²)	Tulangan pakai
Balok	Tumpuan	-3117093	3.960	1299.07	6D22
Memanjang 60/90	Lapangan	1761095	5.268	806.73	6D22
Balok	Tumpuan	-2413537	4.500	1432.25	6D22
Melintang 60/90	Lapangan	1612295	5.506	1175.17	6D22

Tipe Balok	Posisi	As perlu (mm ²)	Tulangan pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan pakai
Balok	Tumpuan	912.32	3D22	228.08	2D16
Memanjang 60/90	Lapangan	912.32	3D22	228.08	2D16
Balok	Tumpuan	912.32	3D22	228.08	2D16
Melintang 60/90	Lapangan	912.32	3D22	228.08	2D16

Tabel 17.

Kontrol Retak Tulangan Balok Trestle

Tipe Balok	Posisi	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket
Balok	Tumpuan	2280.80	-0.024	(OK)
Memanjang 60/90	Lapangan	2280.80	-0.030	(OK)
Balok	Tumpuan	2280.80	-0.023	(OK)
Melintang 60/90	Lapangan	2280.80	-0.026	(OK)

Sedangkan untuk analisa harga satuan pekerjaan digunakan berdasarkan peraturan yang ditetapkan oleh Kementerian PUPR [10]. Rekapitulasi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan dermaga produk curah cair di pelabuhan Kilang Minyak Tuban dapat dilihat pada Tabel 24.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa, perencanaan, serta evaluasi yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut; (1) Hasil evaluasi *layout* perairan dan daratan dapat dilihat pada Tabel 25; (2) Hasil perencanaan struktur dermaga

Tabel 18.
Kebutuhan Tulangan Geser Balok *Trestle*

Tipe Balok	Posisi	tb (kg/cm ²)	as (cm)	Tulangan pakai
Balok Memanjang 60/90	Tumpuan	9.910	15.07	D13-100
	Lapangan	7.764	19.23	D13-150
Balok Melintang 60/90	Tumpuan	6.042	24.71	D13-100
	Lapangan	3.021	49.43	D13-150

Tabel 19.
Kebutuhan Tulangan *Pile Cap Trestle*

Arah	Momen (kgcm)	Ca	Tulangan Tarik		
			As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)
X	Mx 9602746	3.835	7109.51	100	7926.24
Y	My 5513496	3.732	3911.78	100	7926.24

Arah	Tulangan Tekan		Tulangan Samping			
	As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)	As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)
X	7926.24	100	7926.24	792.62	100	2642.08
Y	7926.24	100	7926.24	792.62	100	2642.08

Tabel 20.
Kontrol Retak Tulangan *Pile Cap Trestle*

Arah	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
X	7926.24	-0.023	(OK)	D29 - 100
Y	7926.24	0.003	(OK)	D29 - 100

Tabel 21.
Kontrol Balok *Catwalk*

Tipe Balok	Kontrol Kelangsingan		Kontrol Gaya Tarik		
	λ	Ket $\lambda < 200$	$\varnothing P_n$ (kg)	Ket $\varnothing P_n$	Ket $P \text{ tarik} < \varnothing P_n$
Balok Utama CHS200	20.27	(OK)	171529	246450	(OK)
Balok Rangka CHS100	31.17	(OK)	48285	69375	(OK)

Tipe Balok	Kontrol Kuat Momen		Kontrol Gaya Tekan	
	$\varnothing M_n$ (kgm)	Ket $M_u < \varnothing M_n$	$\varnothing P_n$ (kg)	Ket $P \text{ tekan} < \varnothing P_n$
Balok Utama CHS200	11420.35	(OK)	158148	(OK)
Balok Rangka CHS100	1672.81	(OK)	43080	(OK)

Tipe Balok	Kontrol Geser Bahan		Kontrol Tegangan Bahan		Kontrol Defleksi	
	$\varnothing V_n$ (kg)	Ket $V_u < \varnothing V_n$	σ (kg/cm ²)	Ket $\sigma < \sigma_{ijjin}$	Δ (mm)	Ket $\Delta < \Delta_{ijjin}$
Balok Utama CHS200	83725	(OK)	463.52	(OK)	6.25	(OK)
Balok Rangka CHS100	22807	(OK)	424.90	(OK)	0.08	(OK)

Tabel 22.
Kebutuhan Tulangan *Pile Cap Catwalk*

Arah	Momen (kgcm)	Ca	Tulangan Tarik		
			As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)
X	Mx 568704	15.758	638.31	150	5284.16
Y	My 443427	13.160	332.83	150	5284.16

Arah	Tulangan Tekan		Tulangan Samping			
	As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)	As perlu (mm ²)	s (mm)	As pasang (mm ²)
X	5284.16	150	5284.16	528.42	150	2642.08
Y	5284.16	150	5284.16	528.42	150	2642.08

dapat dilihat pada Tabel 26; (3) Metode pelaksanaan konstruksi dermaga produk curah cair di pelabuhan Kilang Minyak Tuban direncanakan dengan urutan pekerjaan sebagai berikut : (a) Pekerjaan Persiapan; (b) Pekerjaan

Tabel 23.
Kontrol Retak Tulangan *Pile Cap Catwalk*

Arah	As pasang (mm ²)	w (cm)	Ket	Tulangan pakai
X	5284.16	0.006	(OK)	D29 - 150
Y	5284.16	0.006	(OK)	D29 - 150

Tabel 24.
Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan
I	Pk. Persiapan	Rp 5,891,687,667.83
II	Pk. <i>Mooring Dolphin</i>	Rp 7,375,900,780.29
III	Pk. <i>Breasting Dolphin</i>	Rp 6,076,116,834.27
IV	Pk. <i>Loading Platform</i>	Rp 17,220,971,746.43
V	Pk. <i>Trestle</i>	Rp 33,179,798,286.33
VI	Pk. <i>Catwalk</i>	Rp 3,411,219,053.48
Total		Rp 73,155,694,368.63
PPN (10%)		Rp 7,315,569,436.86
Total + PPN		Rp 80,471,263,805.50
Jumlah Total (Dibulatkan)		Rp 80,471,264,000.00

Tabel 25.
Hasil Evaluasi Layout

Layout Perairan	Evaluasi	
	Parameter	Nilai
Area Penjangkaran	Diameter	450 m
	Kedalaman	-16 mLLWL
	Lebar	184 m
Alur Pelayaran	Panjang	3188 m
	Kedalaman	-14 mLLWL
	Diameter	300 m
Kolam Putar	Kedalaman	-14 mLLWL
	Lebar	70 m
Kolam Dermaga	Panjang	185 m
	Kedalaman	-10 mLLWL

Layout Daratan	Evaluasi	
	Parameter	Nilai
<i>Loading Platform</i>	Lebar	20 m
	Panjang	15 m
	Elevasi	+3,5 mLLWL
<i>Breasting Dolphin</i>	Lebar	5 m
	Panjang	5 m
	Elevasi	+3,5 mLLWL
<i>Mooring Dolphin</i>	Jarak BD	36,5 m
	Lebar	3,8 m
	Panjang	3,8 m
<i>Trestle</i>	Elevasi	+3,5 mLLWL
	Panjang	194 m
	Lebar	6 m
<i>Catwalk 1</i>	Panjang	5,75 m
	Lebar	1,2 m
<i>Catwalk 2</i>	Panjang	33,6 m
	Lebar	1,2 m
<i>Catwalk 3</i>	Panjang	29 m
	Lebar	1,2 m

Trestle; (c) Pekerjaan *Loading Platform*; (d) Pekerjaan *Breasting Dolphin*; (e) Pekerjaan *Mooring Dolphin*; (f) Pekerjaan *Catwalk*; (4) Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga produk curah cair di pelabuhan Kilang Minyak Tuban yakni sebesar Rp 80.471.264.000.- (*Delapan Puluh Milyar Empat Ratus Tujuh Puluh Satu Juta Dua Ratus Enam Puluh Empat Ribu Rupiah*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Plc, "BP Statistical Review of World Energy 2019." BP Statistical Review of World Energy, London, 2019.
- [2] K. P. P. I. Prioritas, "Tuban Oil Refinery - KPPIP," Jakarta, 2016. [Online]. Available: <https://kppip.go.id/en/priority-projects/refinery/oil-refinery-in-tuban/>.
- [3] C. E. R. C. (US), *Shore Protection Manual*, vol. 1. Washington: US Army Corps of Engineers, 1973.
- [4] J. P. and H. Association, *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: Daicousa Printing, 2002.
- [5] H. Wahyudi, "Daya Dukung Pondasi Dalam," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 1999.
- [6] H. Wahyudi, "Daya Dukung Pondasi Dalam." ITS Press, Surabaya,

Tabel 26.
Hasil Perencanaan Struktur Dermaga

<i>Trestle</i>						
Dimensi Struktur	6	x	194	m		
Elevasi Struktur	+3.5			mLLWL		
Tebal Pelat Lantai	30			cm		
Dimensi Balok Memanjang	60	x	90	cm		
Dimensi Balok Melintang	60	x	90	cm		
<i>Pile Cap</i> Tunggal	120	x	120	x80	cm	
<i>Pile Cap</i> Ganda	240	x	120	x80	cm	
Tulangan Pelat	D16 – 150					
Tulangan Lentur	D22					
Tulangan Samping	D16					
Tulangan Geser	D13					
Tulangan <i>Pile Cap</i>	D29 – 100					
Tulangan Utama Tiang Pancang	10D32					
Tulangan Spiral Tiang Pancang	D13 – 150					
Tiang Pancang Baja	Ø609.6	mm	,	t 14	mm	
Kemiringan Tiang	1:8					
Kedalaman Tiang	-17			mLLWL		
<i>Loading Platform</i>						
Dimensi Struktur	15	x	20	m		
Elevasi Struktur	+3.5			mLLWL		
Tebal Pelat Lantai	30			cm		
Dimensi Balok Memanjang	60	x	90	cm		
Dimensi Balok Melintang	50	x	80	cm		
Dimensi Balok MLA	100	x	120	cm		
<i>Pile Cap</i> Tunggal	150	x	150	x80	cm	
<i>Pile Cap</i> Ganda	300	x	150	x80	cm	
Tulangan Pelat	D16 - 150					
Tulangan Lentur	D22					
Tulangan Samping	D16					
Tulangan Geser	D13					
Tulangan <i>Pile Cap</i>	D29 – 100					
Tulangan Utama Tiang Pancang	10D32					
Tulangan Spiral Tiang Pancang	D13 – 150					
Tiang Pancang Baja	Ø812.8	mm	,	t 16	mm	
Kemiringan Tiang	1:8					
Kedalaman Tiang	-31			mLLWL		
<i>Mooring Dolphin</i>						
Dimensi Struktur	3.8	x	3.8	x1.5	m	
Elevasi Struktur	+3.5			mLLWL		
Tulangan Lentur	D29 – 100					
Tulangan Utama Tiang Pancang	10D32					
Tulangan Spiral Tiang Pancang	D13 – 150					
Tiang Pancang Baja	Ø609.6	mm	,	t 14	mm	
Kemiringan Tiang	1:8					
Kedalaman Tiang	-27			mLLWL		
Bollard	QRH Double Hook 45 t					
<i>Breasting Dolphin</i>						
Dimensi Struktur	5	x	5	x 3	m	
Elevasi Struktur	+3.5			mLLWL		
Tulangan Lentur	D29 – 100					
Tulangan Utama Tiang Pancang	10D32					
Tulangan Spiral Tiang Pancang	D13 – 150					
Tiang Pancang Baja	Ø812.8	mm	,	t 16	mm	
Kemiringan Tiang	1:8					
Kedalaman Tiang	-34			mLLWL		
Bollard	QRH Double Hook 45 t					
Fender	SCN1400 F0.7					
<i>Frontal Frame</i>	2.2	x	2.8	m		
<i>Catwalk</i>						
Bentang 1	5.75			m		
Bentang 2	16.7			m		
Bentang 3	13.9			m		
Lebar Struktur	1.2			m		
Dimensi Balok Utama	CHS 200			mm		
Dimensi Balok Rangka	CHS 100			mm		
Pelat Injak	I Bar Grating RG 2533					
Dimensi Dudukan <i>Catwalk</i>	2.4	x	1.2	x 0.8	m	
Elevasi Struktur	+3.5			mLLWL		
Tulangan Lentur	D29 – 150					
Tulangan Utama Tiang Pancang	10D32					
Tulangan Spiral Tiang Pancang	D13 – 150					
Tiang Pancang Baja	Ø609.6	mm	,	t 14	mm	
Kedalaman Tiang	-17			mLLWL		

2013.
[7] C. A. Thoresen, *Port Designer's Handbook*. London, UK: Thomas Telford, 2010.
[8] B. P. dan P. D. P. Umum, "Peraturan Beton Bertulang Indonesia." Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung, 1971.
[9] J. Wardenier, Y. Kurobane, J. A. Packer, G. J. der Vegte, and X. L.

Zhao, *Design Guide for Circular Hollow Section (CHS) Joints Under Predominantly Static Loading*. Switzerland: Cidect, 2008.
[10] M. P. Umum, "Permen PU-PR Tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum." Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, 2016.