



Desain dan Analisa *Electrical Submersible Pump* Pada Lapangan P-N 62 Sebagai Upaya Peningkatan Produksi

Nila Khoirul Tria Lestari¹⁾, Hadziqul Abror^{2*)}

¹⁾ Teknik Perminyakan, Universitas Jember

²⁾ Teknik Perminyakan, Universitas Jember

* *corresponding* email: hadziqulabrор@unej.ac.id

ABSTRACT

The reservoir pressure in the P-N oil well is currently showing a significant decline. Some oil wells cannot flow naturally, so artificial lift is required to maintain Jabung oil production and deplete the remaining oil reserves. Analysis and evaluation of the use of artificial lift electrical submersible pump (ESP) in the P-N62 well using calculation and simulation to see the production performance of a well after adding artificial lift based on the results of the calculation it is determined that the ESP TD800 Series-400 with 117 stages with the ability to produce up to 990.96 BFPD and has an efficiency of 58.67% which will be used to increase the production rate at the P-N62 well.

Keywords: *artificial lift; electrical submersible pump (ESP); geology; Inflow Performance Relationship; petroleum*

I. PENDAHULUAN

Blok Jabung merupakan salah satu blok tua dan besar yang ada di Indonesia. Blok ini menjadi salah satu penyumbang utama produksi minyak dan gas[1]. Petrochina sebagai kontraktor Blok Jabung berusaha untuk menjaga laju produksi agar bisa memenuhi target pasar. Usaha yang dilakukan oleh Petrochina antara lain terus melakukan program pengembangan dengan melakukan pengeboran, *workover* dan perawatan sumur untuk mempertahankan tingkat produksi, rata-rata penurunan alamiah 7-10% per tahun. Penelitian ini akan membahas bagaimana meningkatkan produksi dari suatu sumur di lapangan P-N menggunakan *artificial lift*.

Lapangan P-N merupakan Lapangan Migas terbesar kedua di blok Jabung yang sebagian besar dihasilkan dari *reservoir* pasir Formasi Talang Akar Bawah. Sedimen Talang Akar Bawah diendapkan di lingkungan aluvial hingga fluvial delta. Sedimen ini mengisi sebagian dari setengah *graben* di Cekungan Sumatera Selatan dan menumpuk di bagian atas cekungan. Distribusi batupasir di daerah tersebut sangat dipengaruhi oleh palaeo-high pada saat pengendapan. Bagian bawah talang akar bawah terdiri dari batupasir tebal berukuran sedang hingga konglomerat yang kadang-kadang berselingan dengan serpih dan batubara tipis. Pasir diendapkan dalam lingkungan fluvial yang berkelok-kelok[2].

Reservoir bertumpuk ini terdiri dari pasir saluran dan dapat berbutir kasar hingga halus dan disortir dengan baik hingga kurang baik, tetapi biasanya memiliki porositas yang baik (20%) dan permeabilitas (100-an milidarsi). Hasil pengeboran dan pengujian telah menunjukkan tingkat kompleksitas dan kompartementalisasi yang tinggi di lapangan, yang dibuktikan dengan kontak fluida yang bervariasi dan variasi CO₂, baik secara lateral maupun vertikal. *Reservoir* terkotak-kotak karena kurangnya jaringan baik secara lateral karena kurangnya penggabungan badan saluran, maupun secara vertikal karena hambatan permeabilitas vertikal[3].

Sebanyak 6 sumur eksisting di P-N telah dibor pada saat penyerahan POD Kompleks Betara yang asli; Saat ini Lapangan P-N memiliki 37 sumur eksisting dengan produksi minyak sebesar 927 BOPD dan 42,57 MMSCFGPD. Pengembangan tahap ke-4 di Lapangan P-N dimulai pada bulan September 2005 dengan memproduksi gas dari 13 sumur gas, beberapa sumur minyak juga dapat dikonversi menjadi sumur gas[3].

Tekanan *reservoir* di sumur minyak P-N saat ini menunjukkan penurunan yang signifikan. Beberapa sumur minyak tidak dapat mengalir secara alami, sehingga diperlukan pengangkatan buatan untuk mempertahankan produksi minyak Jabung dan menguras sisa cadangan minyak[4]. Salah satu sumur yang memerlukan pengangkatan buatan untuk mengoptimalkan produksi adalah sumur P-N62. Sumur P-N62 yang merupakan sumur minyak dengan laju produksi 322 BOPD dengan GOR 266 scf/stb dan *water cut* 6,1%. Pertimbangan yang dijadikan acuan dalam penentuan metode *artificial lift* pada sumur P-N62 berasal dari *weatherford* dan terdapat pada Tabel 1.1[5]. Tabel 1.1 berisi parameter acuan antara lain kedalaman sumur, laju produksi, *water cut*, tekanan statis sumur, tekanan alir sumur. Metode *artificial lift* yang cocok untuk P-N62 adalah ESP dan SRP, namun dengan mempertimbangkan laju produksinya yang besar, sumur ini cocok untuk dipasang ESP.

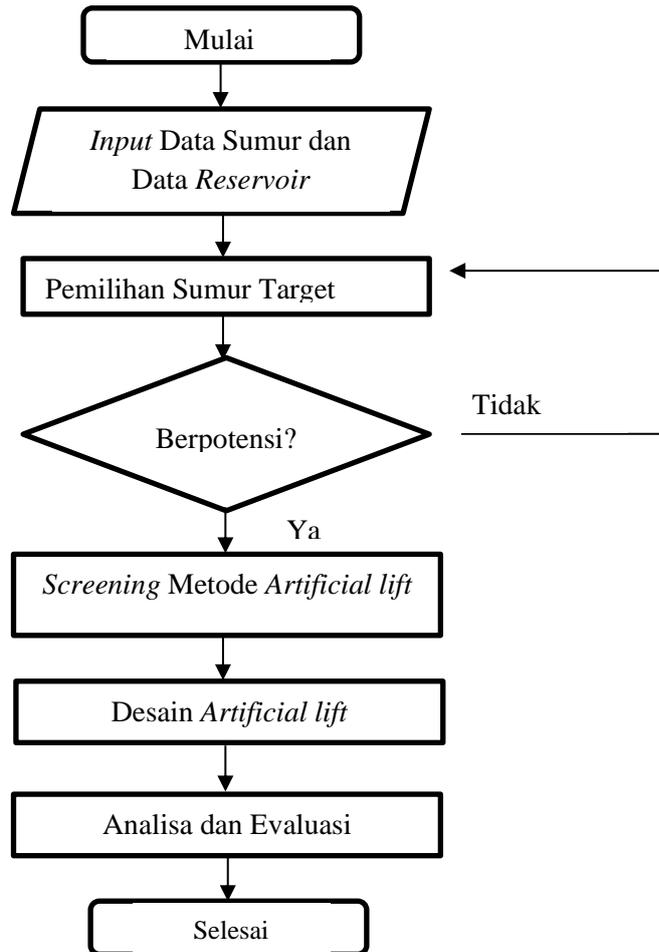
Tabel 1.1 Guideline Penentuan Metode *Artificial lift* [5]

Operating parameters	Positive displacement pumps			Dynamic disp. pumps		Gas lift	Plunger lift
	RSP	PCP	Hydraulic piston	ESP	Hydraulic jet		
Typical TVD, ft	100–11,000	2,000–6,500	7,500–10,000		5,000–10,000	5,000–10,000	Up to 8,000
Typical rate, BLPD	5–1,500	5–2,200	50–500	100–30,000	300–4,000	100–10,000	1–5
Typical temp., °F	100–350	75–150	100–250		100–250	100–250	120
Typical deviation deg/100 ft	0–8	0–8	0–8	0–8	0–8	N/A	N/A
Maximum deviation, deg/100 ft	<15	<15	<15	<15	<24	<70	<80
Gas handling	Fair to good	Good	Fair	Fair	Good	Excellent	Excellent
Solids handling	Fair to good	Excellent	poor	Fair	Good	Good	Poor to fair
Fluid gravity, °API	>8	<35	>8	>10	>8	>15	N/A
Offshore applications	Limited	Good	Good	Excellent	Excellent	Excellent	N/A
System efficiency, %	45–60	40–70	45–55	35–60	10–30	10–30	N/A

II. METODOLOGI PENELITIAN

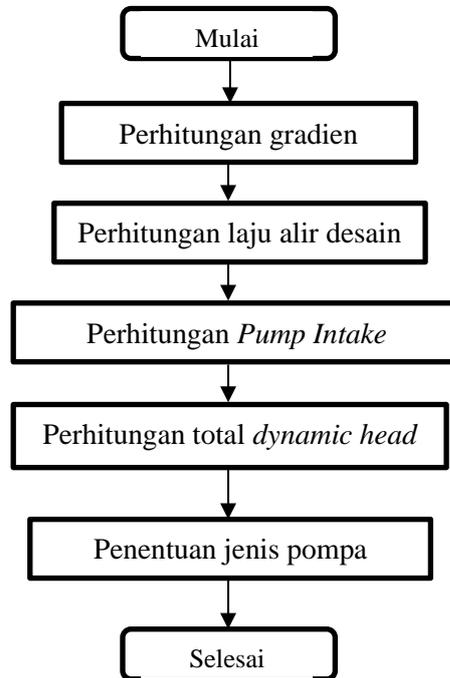
2.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum diagram alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir Analisa Data

Desain *artificial lift* jurnal ini menggunakan beberapa perhitungan untuk menentukan jenis pompa yang efektif dan efisien berdasarkan Brown & Kremit seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Diagram Alir Desain *Artificial lift*

2.3 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan pada penelitian ini dikumpulkan dengan teknik pengumpulan data sekunder. Data tersebut ditabulasikan untuk selanjutnya digunakan untuk perhitungan dan simulasi desain *artificial lift*. Berikut ini adalah data-data yang digunakan:

Tabel 2.1 Data Sumur P-62

No	Parameter	P-N62
1	Kedalaman Sumur (TVD), ftTVD	6512
2	Interval Perforasi, ftMD	6954' - 6970' 7370' - 7386'
3	Zona Formasi	Upper Lumut-1 Lower Lumut-1
4	Laju Produksi, BOPD	322
5	Temperature Reservoir, °F	270
6	Maximum Deviation, degree	44,22
7	OD Tubing, inch	2-7/8
8	OD Casing, inch	7
9	Tekanan Kickoff, psi	560
10	Operating Pressure, psi	550
11	Tekanan Alir Dasar Sumur, psia	2187
12	Tekanan Statis Reservoir, psia	2486
13	GOR, scf/stb	266
14	Fluid Gravity, °API	33
15	Water Cut, %	6,1



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Inflow Performance Relationship

Sumur P-N62 diambil sebagai contoh dalam analisa dan desain *artificial lift*. Sumur P-N62 mempunyai laju produksi awal sebesar 1318 BFPD, tekanan alir dasar sumur 1881 psia, tekanan *reservoir* 2486 psia, berdasarkan *Pressure Build Up Test* pada tanggal 6 Februari 2019. Hasil *Pressure Build Up Test* pada sumur P-N62 juga menunjukkan bahwa adanya nilai *skin* sebesar 50 pada sumur. Untuk mengetahui kurva IPR pada sumur P-N62 yang memiliki *skin* digunakan metode *Standing*. Metode *standing* dipilih karena memperhitungkan nilai efisiensi aliran atau FE yang berubah akibat kerusakan sumur atau ada nilai *skin*[6].

Adapun langkah-langkah untuk mengetahui kurva IPR *Standing* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan data *reservoir* dan data sumur seperti yang ada di Tabel 3.1

Tabel 3.1 Data Sumur P-N62

No	Parameter	P-N62
1	Kedalaman Sumur (TVD), ftTVD	6512
2	Interval Perforasi, ftMD	6954' - 6970' 7370' - 7386'
3	Zona Formasi	Upper Lumut-1 Lower Lumut-1
4	Laju Produksi, BOPD	322
5	<i>Temperature Reservoir</i> , °F	270
6	<i>Maximum Deviation</i> , degree	44,22
7	OD <i>Tubing</i> , inch	2-7/8
8	OD <i>Casing</i> , inch	7
9	Tekanan <i>Kickoff</i> , psi	560
10	<i>Operating Pressure</i> , psi	550
11	Tekanan Alir Dasar Sumur, psia	2187
12	Tekanan Statis <i>Reservoir</i> , psia	2486
13	GOR, scf/stb	266
14	<i>Fluid Gravity</i> , °API	33
15	<i>Water Cut</i> , %	6,1

2. Menghitung nilai Q_0 maksimum untuk FE = 1 dengan menggunakan persamaan metode *Vogel*[7], berdasarkan hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

$$Q_{max} = \frac{Q}{1 - 0,2 \cdot \left(\frac{P_{wf}}{P_s}\right) - 0,8 \cdot \left(\frac{P_{wf}}{P_s}\right)^2} \quad (1)$$

$$Q_{max} = \frac{1318}{1 - 0,2 \cdot \left(\frac{1881}{2486}\right) - 0,8 \cdot \left(\frac{1881}{2486}\right)^2}$$

$$Q_{max} = 3373,67 \text{ BFPD}$$

3. Menghitung nilai Q_o maksimum yang dipengaruhi oleh skin menggunakan metode Standing dan berdasarkan hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\frac{Q_{o\ FE=j}}{(Q_o)_{\max\ FE=1}} = j(1 - R)[1,8 - 0,8j(1 - R)] \quad (2)$$

$$\frac{Q_{o\ FE=j}}{(Q_o)_{\max\ FE=1}} = 0,93 \times \left(1 - \left(\frac{1881}{2486}\right)\right) \left[1,8 - 0,8 \times 0,93 \left(1 - \left(\frac{1881}{2486}\right)\right)\right]$$

$$\frac{Q_{o\ FE=j}}{(Q_o)_{\max\ FE=1}} = 0,3671$$

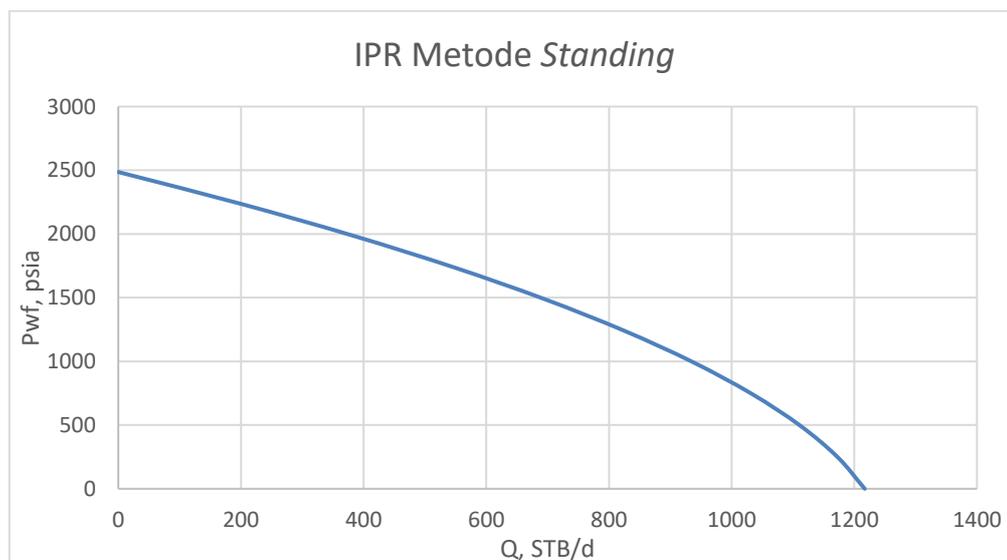
$$(Q_o)_{\max\ FE=0,93} = 1238,47\ \text{BFPD}$$

4. Menghitung nilai Q_o untuk setiap asumsi penurunan nilai P_{wf} dengan persamaan *Standing*, hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Q_o metode *Standing*

P_{wf} (Psia)	Q_o Standing (BFPD)
2486	0
2237,4	199,15
1988,8	381,10
1740,2	545,83
1491,6	693,35
1243	823,65
994,4	936,75
745,8	1032,64
497,2	1111,31
248,6	1172,78
0	1238,47

5. Selanjutnya membuat grafik IPR, dimana nilai P_{wf} di plot pada sumbu Y dan nilai Q_o *Standing* di plot pada sumbu X, didapatkan hasil grafik sebagai berikut :



Gambar 3.1 Kurva IPR Sumur P-N62 berdasarkan metode *Standing*



Untuk menentukan titik operasi produksi sumur diperlukan beberapa data fluida, data *reservoir* dan spesifikasi sumuran. Adapun data yang tersedia dari lapangan sebagaimana tabel 3.1.

Sumur P-N62 saat ini berproduksi menggunakan *natural flow* dan laju produksinya adalah 322 BOPD. Nilai laju produksi pada P-N62 sangat kecil dibandingkan dengan hasil PBU *test* dan perhitungan Q_{maks} yang memiliki potensi produksi hingga 1238,47 BFPD. Melihat potensi yang masih besar dari sumur P-N62, laju produksinya dapat ditingkatkan dengan memasang *artificial lift*.

3.2 Desain ESP pada sumur P-N62

Berdasarkan data lapangan kemudian dilakukan *screening artificial lift*. Kriteria yang menjadi acuan pemilihan antara lain: Kedalaman, laju alir, temperatur *reservoir*, *fluid gravity* dan sistem efisiensi[8]. Didapatkan dua pilihan *artificial lift* yang cocok untuk sumur P-N62, yaitu ESP dan SRP. Namun dengan mempertimbangkan potensi laju produksinya yang besar, sumur P-N62 cocok untuk dipasang ESP. Selain itu, hasil *well service* sumur GLPO juga menjadi alasan dipilihnya ESP sebagai metode *artificial lift*.

Hasil perhitungan Q_{maks} menjadi acuan dalam pendesainan pemasangan metode *artificial lift* pada sumur P-N-62. Pendesainan yang dilakukan berdasarkan data produksi, data *reservoir* dan karakteristik fluida dengan menggunakan metode analitis.

Adapun langkah-langkah untuk pendesainan pemasangan ESP adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai gradien fluida yang mengisi kolom berdasarkan berat jenis rata-rata dari fluida yang terdapat di dalamnya. Gradien tekanan fluida pada sumur P-N-62 adalah sebagai berikut:

$$G_f = \left((1 - W_c) \cdot Sg_{oil} \right) + (W_c \cdot SG_{water}) \cdot 0,433 \text{ psi/ft} \quad (3)$$

$$G_f = \left(\left((1 - 0,061) \cdot \left(\frac{143,5}{36 + 131,5} \right) \right) + (0,061 \cdot 1) \right) \cdot 0,433 \text{ psi/ft}$$

$$G_f = 0,375 \text{ psi/ft}$$

2. Menghitung laju alir target yang akan kita gunakan hanyalah 80% dari laju alir fluida maksimal metode *Standing* yang dapat diberikan oleh *reservoir*, sehingga laju alir desain akan bernilai:

$$Q_{desain} = 80\% \cdot Q_{max} \quad (4)$$

$$Q_{desain} = 80\% \cdot 1238,47$$

$$Q_{desain} = 990,96 \text{ BFPD}$$

3. Menghitung *pump intake pressure* berdasarkan *mid* perforasi paling atas dan juga dengan kedalaman pemasangan pompa. Pompa akan dipasang pada kedalaman 5400 ftMD dengan pertimbangan kurang lebih 100 ftMD di atas *liner*. *Pump intake pressure* pada sumur P-N-62 akan bernilai:

$$PIP = P_{wf} - [(Datum \text{ Mid Perforasi} - PSD) \cdot GF] \quad (5)$$

$$PIP = 1881 - [(6112,7 - 5400) \cdot 0,375]$$

$$PIP = 1613,74 \text{ psi}$$

4. Menghitung total *dynamic head* terdiri dari tiga komponen, yaitu *vertical lift* (jarak antara *dynamic fluid level* sampai *x-mas tree*), *Friction head* (*head* yang disebabkan oleh gesekan sepanjang *tubing*), dan *head tubing*. Komponen pertama, yaitu *vertical lift* (H_D) dipengaruhi oleh *pump setting depth*, *pump intak pressure*, dan juga gradien fluida yang terdapat di dalam kolom, dengan nilai:

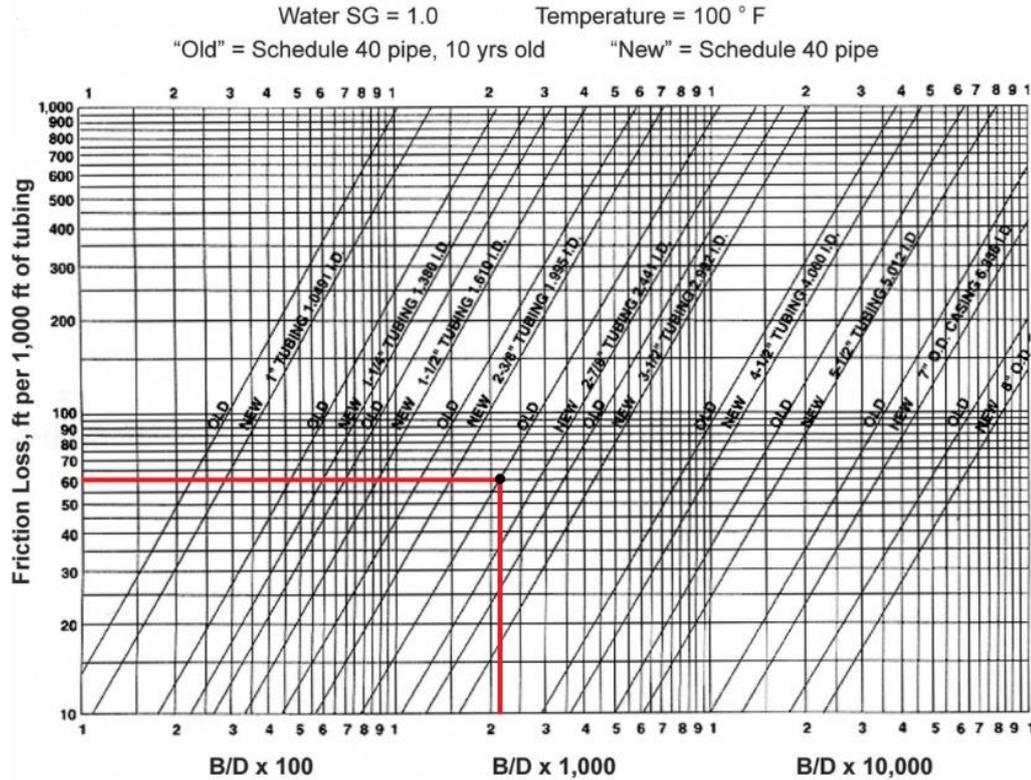
$$H_D = PSD - \left(\frac{PIP}{GF} \right) \quad (6)$$

$$H_D = 5400 - \left(\frac{1613,74 \text{ psi}}{0,375 \frac{\text{psi}}{\text{ft}}} \right)$$

$$H_D = 1096,69 \text{ ft}$$

Komponen selanjutnya adalah *friction head* (H_f). Untuk dapat menentukan H_f , *friction loss* pada *tubing* harus diketahui terlebih dahulu menggunakan tabel dari Hazen – William. *Friction loss* pada *tubing* 2-7/8" dan laju produksi 990,96 BFPD dapat dilihat pada gambar 3.2.

Based on Hazen - Williams Formula



Gambar 3.2 Penentuan *Friction Loss* pada *Tubing*[9]

Berdasarkan gambar tersebut, *friction loss* yang terjadi pada *tubing* adalah 20 ft/1000 ft *Tubing*, sehingga H_f akan bernilai:

$$H_f = \text{Friction loss} \cdot PSD \quad (7)$$

$$H_f = \frac{20 \text{ ft}}{1000 \text{ ft tubing}} \cdot 5400 \text{ ft}$$

$$H_f = 108 \text{ ft}$$

Komponen terakhir dalam TDH adalah *head tubing* (H_T) yang dipengaruhi oleh tekanan *tubing* atau WHP, dan juga gradien fluida yang terdapat dalam kolom *tubing*. Nilai dari H_T adalah:

$$H_T = \frac{\text{Tubing Pressure}}{GF} \quad (8)$$

$$H_T = \frac{644 \text{ psi}}{0,375 \frac{\text{psi}}{\text{ft}}}$$

$$H_T = 1717,33 \text{ ft}$$

Berdasarkan ketiga komponen tersebut, total *dynamic head* akan bernilai:

$$TDH = H_D + H_f + H_T \quad (9)$$

$$TDH = 1096,69 \text{ ft} + 108 \text{ ft} + 1717,33 \text{ ft}$$

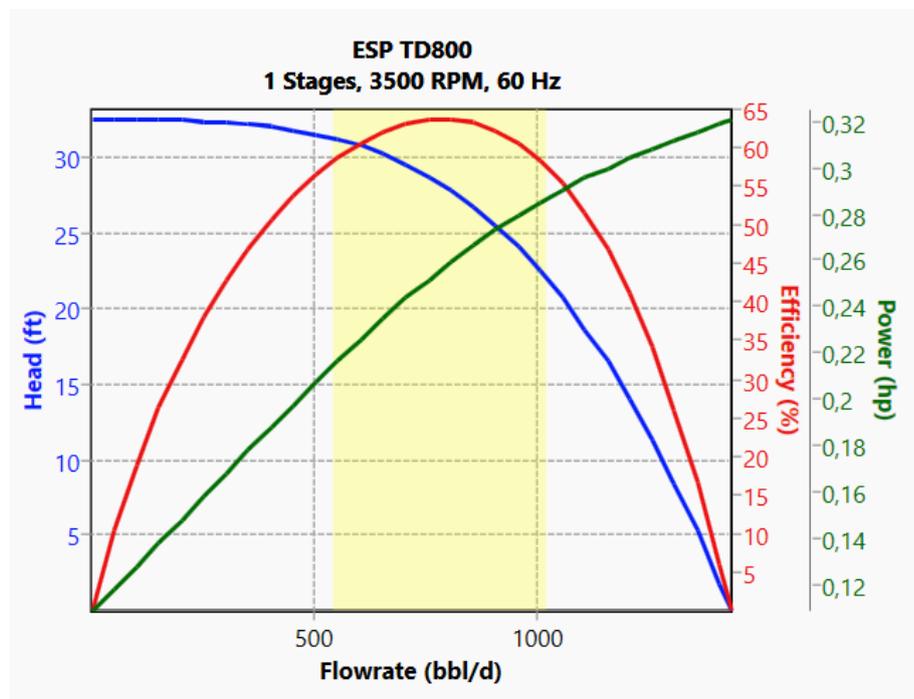
$$TDH = 2922,02 \text{ ft}$$

5. Menentukan jenis pompa berdasarkan ukuran OD casing 9-7/8" dan laju produksi 990,96 BFPD. Jenis pompa yang dipilih berdasarkan katalog dan dipilih berdasarkan efisiensi yang paling besar. Katalog pompa yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.

	Manufacturer	Model	Series	Min. flowrate	Max. flowrate	Efficiency at d...
				bbl/d	bbl/d	%
1	ESP	TD600	400	440	800	63,51611
2	ODI	W7	45	0	1186,96	61,27697
3	REDA	MT5A-60	405	309,3986	596,1583	59,65465
4	ESP	TD800	400	540	1020	58,6738
5	REDA	MT5A-80	405	392,496	845,4	58,30227
6	XPC	D700EZ	400	480	900	58,17081
7	XPC	D700EZ (387)	387	480	900	58,17081
8	ESP	TD650	400	450	800	57,78473
9	REDA	DN800	400	400	950	56,93192
10	REDA	DN610	400	350	760	56,83092
11	REDA	DN675	400	320	830	56,57402
12	ODI	R7	55	500	900	55,71969
13	REDA	MT5A-100	405	467,976	905,76	55,60416
14	REDA	D725N	400	350	925	55,39287
15	REDA	D725N(387)	387	350	925	55,39287
16	CENTRILIFT	FC650	400	450	850	54,62664
17	REDA	D800N	400	250	1150	54,60845
18	REDA	D800N(387)	387	250	1150	54,60845

Gambar 3.3 Katalog Pompa yang Digunakan

Berdasarkan gambar di atas, pompa yang digunakan adalah ESP TD800 Seri-400 dengan efisiensi sebesar 58,67% untuk sistem sumur yang digunakan. Kurva performa dari pompa jenis ini ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pump Performance Curve ESP TD800 Seri-400

Berdasarkan kurva tersebut, untuk laju produksi 990,96 BFPD, *head capacity* (HC) bernilai 25 ft untuk setiap satu *stage* dengan daya 0,28 HP dalam satu *stage*.



6. Menghitung total *stages* dan daya motor yang diperlukan (HHP)

$$\text{Jumlah stage} = \frac{TDH}{\frac{HC}{2922,02ft}} \quad (10)$$

$$\text{Jumlah stage} = \frac{2922,02ft}{25 ft}$$

$$\text{Jumlah stage} = 117 \text{ stages}$$

$$HHP = HP_{motor} \cdot \text{Stages} \quad (11)$$

$$HHP = 0,28 \cdot 117$$

$$HHP = 32,73 \text{ HP}$$

7. Menentukan motor yang digunakan pada sistem ESP berdasarkan daya yang diperlukan dapat ditentukan menggunakan Gambar 3.5.

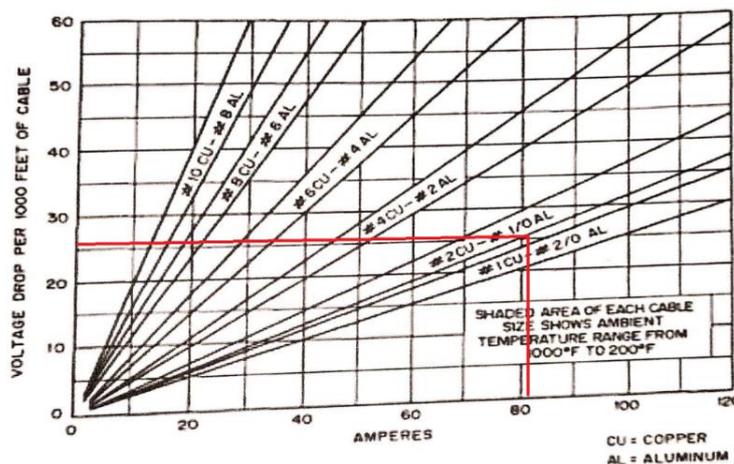
317 SERIES (3,75" OD)			476 SERIES (4,56" OD)			540 SERIES (5,43" OD)			738 SERIES (7,38" OD)			1075 SERIES (10,75" OD)					
HP	VOLTS	AMP	HP	VOLTS	AMP	HP	VOLTS	AMP	HP	VOLTS	AMP	HP	VOLTS	AMP			
1,5	415	20	10	435	15	20	440	20	710	51,5	80	435	80	1075	47		
10,5	490	12	15	435	23	30	435	45	102	1450	51	80	460	60	2105	44	
15	330	34	15	435	15	30	435	45	127,5	1850	51,5	90	590	50	160	425	122
19,5	415	35	20	435	17	40	435	50	147,5	1850	51	90	590	50	180	945	120
22,5	440	38,5	25	410	35	50	450	72	167,5	1850	51,5	100	700	70	200	1100	115
22,5	440	38,5	30	425	57	50	450	72	187,5	1850	51,5	110	1100	80	240	1110	88
22,5	440	38,5	35	385	57	50	425	91	207,5	1850	51,5	120	945	81	280	1110	72
22,5	440	38,5	40	375	57	50	425	91	227,5	1850	51,5	130	1185	70	320	1110	59
22,5	440	38,5	45	365	57	50	425	91	247,5	1850	51,5	140	1425	70	360	1110	47
22,5	440	38,5	50	355	57	50	425	91	267,5	1850	51,5	150	1665	70	400	1110	35
22,5	440	38,5	55	345	57	50	425	91	287,5	1850	51,5	160	1905	70	440	1110	23
22,5	440	38,5	60	335	57	50	425	91	307,5	1850	51,5	170	2145	70	480	1110	11
22,5	440	38,5	65	325	57	50	425	91	327,5	1850	51,5	180	2385	70	520	1110	0
22,5	440	38,5	70	315	57	50	425	91	347,5	1850	51,5	190	2625	70	560	1110	0
22,5	440	38,5	75	305	57	50	425	91	367,5	1850	51,5	200	2865	70	600	1110	0
22,5	440	38,5	80	295	57	50	425	91	387,5	1850	51,5	210	3105	70	640	1110	0
22,5	440	38,5	85	285	57	50	425	91	407,5	1850	51,5	220	3345	70	680	1110	0
22,5	440	38,5	90	275	57	50	425	91	427,5	1850	51,5	230	3585	70	720	1110	0
22,5	440	38,5	95	265	57	50	425	91	447,5	1850	51,5	240	3825	70	760	1110	0
22,5	440	38,5	100	255	57	50	425	91	467,5	1850	51,5	250	4065	70	800	1110	0
22,5	440	38,5	105	245	57	50	425	91	487,5	1850	51,5	260	4305	70	840	1110	0
22,5	440	38,5	110	235	57	50	425	91	507,5	1850	51,5	270	4545	70	880	1110	0
22,5	440	38,5	115	225	57	50	425	91	527,5	1850	51,5	280	4785	70	920	1110	0
22,5	440	38,5	120	215	57	50	425	91	547,5	1850	51,5	290	5025	70	960	1110	0
22,5	440	38,5	125	205	57	50	425	91	567,5	1850	51,5	300	5265	70	1000	1110	0
22,5	440	38,5	130	195	57	50	425	91	587,5	1850	51,5	310	5505	70	1040	1110	0
22,5	440	38,5	135	185	57	50	425	91	607,5	1850	51,5	320	5745	70	1080	1110	0
22,5	440	38,5	140	175	57	50	425	91	627,5	1850	51,5	330	5985	70	1120	1110	0
22,5	440	38,5	145	165	57	50	425	91	647,5	1850	51,5	340	6225	70	1160	1110	0
22,5	440	38,5	150	155	57	50	425	91	667,5	1850	51,5	350	6465	70	1200	1110	0
22,5	440	38,5	155	145	57	50	425	91	687,5	1850	51,5	360	6705	70	1240	1110	0
22,5	440	38,5	160	135	57	50	425	91	707,5	1850	51,5	370	6945	70	1280	1110	0
22,5	440	38,5	165	125	57	50	425	91	727,5	1850	51,5	380	7185	70	1320	1110	0
22,5	440	38,5	170	115	57	50	425	91	747,5	1850	51,5	390	7425	70	1360	1110	0
22,5	440	38,5	175	105	57	50	425	91	767,5	1850	51,5	400	7665	70	1400	1110	0
22,5	440	38,5	180	95	57	50	425	91	787,5	1850	51,5	410	7905	70	1440	1110	0
22,5	440	38,5	185	85	57	50	425	91	807,5	1850	51,5	420	8145	70	1480	1110	0
22,5	440	38,5	190	75	57	50	425	91	827,5	1850	51,5	430	8385	70	1520	1110	0
22,5	440	38,5	195	65	57	50	425	91	847,5	1850	51,5	440	8625	70	1560	1110	0
22,5	440	38,5	200	55	57	50	425	91	867,5	1850	51,5	450	8865	70	1600	1110	0
22,5	440	38,5	205	45	57	50	425	91	887,5	1850	51,5	460	9105	70	1640	1110	0
22,5	440	38,5	210	35	57	50	425	91	907,5	1850	51,5	470	9345	70	1680	1110	0
22,5	440	38,5	215	25	57	50	425	91	927,5	1850	51,5	480	9585	70	1720	1110	0
22,5	440	38,5	220	15	57	50	425	91	947,5	1850	51,5	490	9825	70	1760	1110	0
22,5	440	38,5	225	5	57	50	425	91	967,5	1850	51,5	500	10065	70	1800	1110	0

Gambar 3.5 Tabel Pemilihan Motor ESP[8]

Kebutuhan daya pada sistem ESP ini adalah 32,73 HP, sehingga motor yang diperlukan harus memiliki daya yang lebih besar. Selain itu, ukuran OD motor harus memiliki selisih yang paling kecil dengan ID casing. Berdasarkan hal ini, dipilih *motor type 738 series* dengan spesifikasi OD 7,38", 90 HP, 710 volt, dan 81 A.

Komponen ESP lain yang perlu dipertimbangkan adalah kabel, transformator, dan juga *switchboard*. Adapun langkah-langkah dalam menentukan ketiga komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Terlebih dahulu menentukan kehilangan tegangan dan jenis kabel yang dipilih. Komponen kabel dipilih berdasarkan arus yang dibutuhkan oleh motor, yaitu 81 Ampere, lalu arus ini kita gunakan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pemilihan Kabel[10]

Kabel yang dipilih adalah jenis kabel #1/0 AL dengan nilai kehilangan tegangan sekitar 25 volt/1000 ft.



2. Menghitung nilai kehilangan tegangan pada kabel dan total tegangan yang diperlukan pompa (V_{tot}) adalah sebagai berikut:

$$\Delta V_{kabel} = (HS - 50) \cdot \Delta V / 1000 \text{ ft} \quad (12)$$

$$\Delta V_{kabel} = (6112,7 - 50) \cdot 25 / 1000 \text{ ft}$$

$$\Delta V_{kabel} = 151,56 \text{ volt}$$

$$V_{tot} = 710 \text{ volt} + 151,56 \text{ volt}$$

$$V_{tot} = 861,56 \text{ volt}$$

3. Menentukan komponen transformator, yang diawali dengan menghitung nilai KVA pada sistem pompa dengan persamaan:

$$KVA = 1,73 \cdot V_{tot} \cdot \frac{A}{1000} \quad (13)$$

$$KVA = 1,73 \cdot 861,56 \text{ volt} \cdot \frac{81}{1000}$$

$$KVA = 120,73$$

Berdasarkan nilai KVA tersebut, ditentukan transformator yang akan digunakan menggunakan Gambar 3.7. Aliran yang terdapat dalam sistem merupakan aliran 3 fasa, sehingga transformator yang dipilih akan memiliki nilai KVA sepertiga dari perhitungan.

UKURAN KVA	TINGGI		LEBAR		DALAM		BERAT		PRIMARY VOLTS	SECONDARY VOLTS	PART NUMBER
	IN	m	IN	m	IN	m	LBS	kg			
25	40	1,02	22,5	0,57	24,8	0,63	460	209	12500	480/960	68270-0
25	40	1,02	22,5	0,57	24,8	0,63	460	209	14400/24900	480/961	63445-5
50	50	1,27	31,3	0,80	27,3	0,69	815	370	12500	600/1200	65133-7
50	50	1,27	31,3	0,80	27,3	0,69	815	370	12500	700/1400	69373-7
50	50	1,27	31,3	0,80	27,3	0,69	815	370	12500	1202/2400	69262-1
50	50	1,27	31,3	0,80	27,3	0,69	815	370	14400/12500	600/1200	69925-6
50	50	1,27	31,3	0,80	27,3	0,69	815	370	14400/12501	700/1400	69820-2
50	50	1,27	31,3	0,80	27,3	0,69	815	370	14400/12502	1200/2400	78995-8
75	53	1,35	32,9	0,84	28,8	0,73	1135	515	12500	1200/2400	59313-5
75	53	1,35	32,9	0,84	28,8	0,73	1135	515	14400/12502	1200/2400	69532-0
100	55	1,40	32,9	0,84	29	0,74	1350	612	12500	1200/2400	75598-2
100	55	1,40	32,9	0,84	29	0,74	1350	612	14400/12502	1200/2400	76940-2
150	58	1,47	36	0,91	33,5	0,85	1850	839	12500	1200/2400	76931-0
150	58	1,47	36	0,91	33,5	0,85	1850	839	14400/12502	1200/2400	76940-2
200	66	1,68	42	1,07	40	1,02	2400	1089	12500	1200/2400	86261-1
200	66	1,68	42	1,07	40	1,02	2400	1089	14400/12502	1200/2400	28025-2

Gambar 3.7 Tabel Pemilihan Transformator[11]

Transformator yang dipilih adalah transformator dengan ukuran 3x50 KVA.

4. Menentukan *switchboard* berdasarkan dari spesifikasi yang diperlukan, yaitu total tegangan 786,56 volt, 81 Ampere, dan 32,73 HP. Pemilihan *switchboard* menggunakan tabel yang terdapat pada Gambar 3.8.

KELAS	JENIS	UKURAN	TEGANGAN MAKSIMUM	HP	BEBAN ARUS PENUH MAKSIMUM
DPH. 2	72	2	600	25	50
		3	600	50	100
		4	600	100	135
		5	600	200	270
45 MFH	76 B	2	1000	70	45
120 MFH	76 A	3	1000	160	120
100 MDFH	76 A	3	1500	150	100
150 MDFH	76 A	4	1500	250	150
RPR. 2			2400	700	360
1512	76 C		2400	700	360

Gambar 3.8 Tabel Pemilihan *Switchboard*[12]

Berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan, *switchboard* yang dipilih adalah kelas 120-MFH 76A size 3 dengan spesifikasi 1000 volt, 160 HP, dan 120 A.

5. Tahap terakhir dalam pendesainan pemasangan ESP adalah membuktikan apakah motor dapat hidup dengan komponen yang telah terpilih. Pembuktian ini berdasarkan kebutuhan tegangan agar motor dapat hidup dan kehilangan tegangan pada sistem dibandingkan dengan tegangan yang tersedia pada *switchboard*. Kebutuhan tegangan dan kehilangan tegangan pada sistem bernilai:

$$\text{Kebutuhan Tegangan} = 0,35 \cdot \text{Voltage Rating} \quad (14)$$

$$\text{Kebutuhan Tegangan} = 0,35 \cdot 710 \text{ volt}$$

$$\text{Kebutuhan Tegangan} = 248,5$$

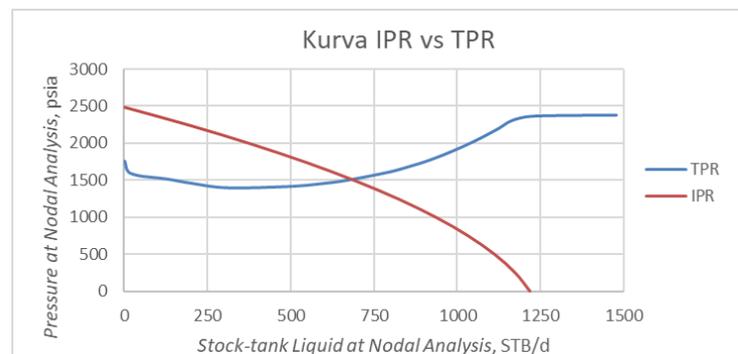
$$\text{Kehilangan Tegangan} = 3 \cdot 151,56$$

$$\text{Kehilangan Tegangan} = 454,68$$

Sehingga berdasarkan perhitungan di atas, kebutuhan tegangan untuk motor dapat dihidupkan adalah 248,5 volt + 454,68 volt = 703,18 volt. Tegangan yang tersedia pada *switchboard* yang dipilih adalah 1000 volt, sehingga dapat disimpulkan bahwa komponen ESP yang telah dipilih dapat berjalan.

3.3 Analisa sumur P-N62 dengan pemasangan ESP

Hasil perhitungan parameter desain ESP selanjutnya dibandingkan menggunakan *software* PIPESIM untuk mengetahui perubahan kurva TPR yang terjadi setelah ditambahkan *artificial lift* ESP. Gambar 3.9 menggambarkan perubahan yang terjadi pada sumur P-N62 di kurva TPR dan IPR *Standing* yang memiliki perpotongan yang mengindikasikan sumur P-N62 dapat beroperasi. Laju alir operasi berdasarkan simulasi adalah 676,71 STB/d.



Gambar 3.9. Nodal Analisis Sumur P-N62 setelah penambahan ESP



Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi sumur, desain pompa ESP pada sumur P-N62 dapat diamati pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Hasil Evaluasi Pompa Esp Pada Sumur P-N62

No	Parameter	Desain
1	Laju produksi target	990,96 BFPD
2	<i>Pump setting depth</i>	5400 ft
3	<i>Pump intake pressure</i>	1613,74 psi
4	<i>Total dynamic head</i>	2922,02 ft
5	Jenis pompa	ESP TD800 Seri-400
6	Jumlah <i>stage</i>	117
7	Jenis motor	Seri 738
8	HPmotor	90 HP
9	Tegangan motor	710 volt
10	Arus listrik	81 A
11	Jenis kabel	#1/0 AL
12	Tegangan total	861,56 volt
13	KVA	108,86 KVA
14	<i>Switchboard</i>	Kelas 120-MFH 76A size 3

Sumur P-N62 pada analisa sensitivitas merupakan sumur dengan *water cut* sebesar 6,1% dan memiliki nilai *skin* 50. Kondisi sumur P-N62 yang memiliki *skin* akibat kerusakan formasi menyebabkan nilai laju alir yang kecil. Berdasarkan hasil PBU *test* pada sumur, potensi peningkatan laju produksi dimungkinkan dengan penambahan *artificial lift* ESP. Pada sumur P-N62 *design* ESP yang digunakan adalah ESP TD800 Seri-400 dengan 117 *stages* dengan kemampuan memproduksi hingga 990,96 BFPD dan memiliki efisiensi 58,67%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan evaluasi sumur P-N62 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sumur P-N62 memiliki *skin* yang menyebabkan turunnya laju alir awal sebesar 1318 BFPD menjadi sebesar 1238,47 BFPD.
2. Pendesainan *artificial lift electrical submersible pump* (ESP) di sumur P-N62 menggunakan perhitungan dan simulasi untuk melihat performa produksi suatu sumur. Berdasarkan hasil perhitungan ditentukan bahwa jenis pompa ESP TD800 Seri-400 dengan 117 *stages* dengan kemampuan memproduksi hingga 990,96 BFPD dan memiliki efisiensi 58,67% yang akan digunakan untuk meningkatkan laju produksi pada sumur P-N62.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Petrochina Jabung International, "Profile of Petrochina International Jabung Ltd," 2020, [Online]. Available: <http://www.petrochina.co.id/Lists/ArticleList/Attachments/134/Company Profile 2020.pdf>.
- [2] A. O. Dewi and W. W. Mandala, "Analisa Perbandingan Perencanaan Optimasi Continuous Gas Lift dengan Simulator Pipesim dan Manual Sumur 'A1' dan 'A2' di Lapangan," *J. Offshore Oil, Prod. Facil. Renew. Energy*, Vol. 1 (2), p. 22, 2017, doi: 10.30588/jo.v1i2.290.
- [3] Petrochina, "POD Betara," no. February 1993, 2000.
- [4] B. Guo, X. Liu, and X. Tan, "Well Workover," *Pet. Prod. Eng.*, pp. 503–511, 2017, doi: 10.1016/b978-0-12-809374-0.00015-5.
- [5] T. Nguyen, *Artificial Lift Methods: Design, practices, ans applications*. 2020.
- [6] T. Erfando, *Paket Keahlian Teknik Produksi Minyak dan Gas*. Medan: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Bangunan dan Listrik, 2016.
- [7] A. H. Alagorni, Z. Bin Yaacob, and A. H. Nour, "An Overview of Oil Production Stages: Enhanced Oil Recovery



- Techniques and Nitrogen Injection,” *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, Vol. 6 (9) pp. 693–701, 2015, doi: 10.7763/ijesd.2015.v6.682.
- [8] G. Takacs, *Electrical Submersible Pumps Manual Design, Operations, and Maintenance*. Cambridge: Gulf Professional Publishing, 2018.
- [9] R. Gouws *et al.*, “Plumbing Engineering Design Handbook: Volume 1 Fundamentals of Plumbing Engineering,” *Adv. Induction Microw. Heat. Miner. Org. Mater.*, Vol. 10 (3), p. 373, 2018, [Online]. Available: http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-22921.pdf<http://www.beta.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/><http://www.energy.ca.gov/2013publications/CEC-500-2013-126/CEC-500-2013-126.pdf>https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.p
- [10] B. T. Mackenzie and K. Marefat, “SPE 14690 ESP Cable Insulation: Selection for Performance,” 1985.
- [11] M. I. Khakimyanov, I. N. Shafikov, and F. F. Khusainov, “Electric Submersible Pumps in Oil Production and Their Efficiency Analysis,” no. January 2016, 2021, doi: 10.13142/kt10004.07.
- [12] B. Kumar, V. K. Sethi, S. Bhattacharjee, and E. Kvaerner, “Harmonics in Offshore Electrical Power Systems,” no. March, pp. 1–6, 2006.