

PERENCANAAN PENINGKATAN, PENGEMBANGAN DAN OPTIMASI PRODUKSI DENGAN PERUBAHAN METODE PRODUKSI NATURAL FLOW MENJADI ARTIFICIAL LIFT

Razul Harfi ⁽¹⁾, Rudi Saputra ⁽²⁾, Yusuf Seftian S ⁽³⁾
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains Dan Teknologi Nasional
Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, DKI Jakarta 12630
Email : razul@istn.ac.id

ABSTRAK

Mengoptimalkan unjuk kerja performa produksi sumur BN-X dengan melakukan optimasi perubahan skema produksi dari Natural Flow. Perubahan skema produksi dapat dilakukan dengan merubah cara memproduksi minyak dengan mekanisme artificial lift (alat bantu produksi), hal ini dapat dilakukan dengan merubah rangkaian dalam sumur BN-X, merubah rangkaian permukaan sumur BN-X dan memasang fasilitas tambahan produksi BN-X. Objek penelitian adalah sumur produksi BN-X yang telah berproduksi pada tahun 2019, dengan menggunakan skema produksi Natural Flow dan Gross Produksi sebesar 2.135 BFPD, Nett Produksi sebesar 85 BOPD, dan Water Cut sebesar 96%. Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai produksi sumur BN-X dan optimalisasi sumur produksi BN-X. Perubahan yang dilakukan adalah dengan memasang Tubing Pump kedalam sumur BN-X. Hasil penelitian menunjukan bahwa metode atau skema produksi dengan artificial lift dapat meningkatkan performa produksi dengan gross produksi sebesar 203 BFPD, net produksi sebesar 183 BOPD dan water cut sebesar 10%.

Kata kunci :

Natural Flow, Artificial Lift, Skema Produksi, Metode Produksi, dan Uji Produksi.

ABSTRACT

Optimizing the performance performance of BN-X wells by optimizing the production scheme changes from Natural Flow. Changes to the production scheme can be done by changing the way of producing oil with an artificial lift mechanism (production aids), this can be done by changing the series in the BN-X well, changing the surface series of BN-X wells and installing additional BN-X production facilities. The object of research is the BN-X production well which has been in production in 2019, using the Natural Flow production scheme and Gross Production of 2,135 BFPD, Net Production of 85 BOPD, and Water Cut of 96%. This research aims to increase the production value of BN-X wells and optimize the production wells of BN-X. Changes made were to install the Tubing Pump into the BN-X well. The results show that the production method or scheme with artificial lift can improve production performance with gross production of 203 BFPD, net production of 183 BOPD and water cut of 10%.

Keywords:

Natural Flow, Artificial Lift, Production Schemes, Production Methods, and Production Test.

I. PENDAHULUAN

Sesuai dengan program kerja yang direncanakan oleh perusahaan dan yang sudah disetujui oleh Pertamina Asset 2 Field Prabumulih, maka dibuatlah perencanaan kerja dan rencana pemasangan artificial lift pada sumur produksi BNN-X dengan metode sebelumnya yaitu natural flow. Proses perubahan metode produksi ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai optimasi produksi yang lebih baik dengan nilai produksi yang lebih besar.

Pada pekerjaan ini diharapkan dapat mendapat nilai optimum produksi yang dihasilkan dari perforasi atau lapisan produksi minyak mentah (*Crude Oil*). Penelitian ini dimulai dari pembacaan data laporan pemboran sumur, data analisa struktur, data laporan produksi dan data rekaman tekanan sumur dan lapisan perforasi.

Data metode *artificial lift* yang buat atau direncanakan akan digunakan untuk metode produksi selanjutnya pada sumur produksi BNN-X untuk mengangkat atau memproduksi minyak mentah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. DASAR TEORI

Energi adalah kemampuan melakukan kerja. Disebut demikian karena setiap kerja yang dilakukan sekecil apapun dan seringnya apapun tetap membutuhkan energi. Menurut KBBI energi didefinisikan sebagai daya atau kekuatan yang diperlukan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi merupakan bagian dari suatu benda tetapi tidak terikat pada benda tersebut. Energi bersifat fleksibel artinya dapat berpindah dan berubah.

Dalam setiap aspek kehidupan manusia memerlukan energi untuk dapat memudahkan untuk melakukan aktifitas sehari-hari, adapun beberapa manfaat kehidupan sehari-hari antara lain :

- Pemanfaatan energi untuk kehidupan (aktifitas) dirumah,
- Pemanfaatan energi untuk aktifitas transportasi,
- Pemanfaatan energi untuk berkomunikasi dan hiburan,

Pada pelaksanaannya energi dapat terwujud dan dapat dilakukan dengan adanya sumber energi yang baik dan berkelanjutan. Adapun pengertian dari Sumber energi adalah segala sesuatu di sekitar yang mampu menghasilkan suatu energi baik yang kecil maupun besar. Sumber energi dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui dan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui.

2.2. PROSES PEMBENTUKAN MINYAK BUMI

Minyak bumi (bahasa Inggris: petroleum, dari bahasa Latin petrus – karang dan oleum – minyak), dijuluki juga sebagai emas hitam, adalah cairan kental, berwarna coklat pekat/gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak bumi. Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar seri alkana, tetapi bervariasi dalam penampilan, komposisi, dan kemurniannya.

Minyak bumi adalah hasil dari peruraian (dekomposisi) materi tumbuhan dan hewan di suatu daerah yang *subsidence* (turun) secara perlahan. Daerah tersebut biasanya berupa laut, batas *lagoon* (danau) sepanjang pantai ataupun danau dan rawa di daratan. Sedimen diendapkan bersama-sama dengan materi tersebut dan kecepatan pengendapan sedimen harus cukup cepat sehingga paling tidak bagian materi organik tersebut dapat tersimpan dan tertimbun dengan baik sebelum terjadi pembusukan. Pada kondisi sirkulasi dan reduksi tertentu akumulasi hidrokarbon banyak ditemukan pada bagian air laut dalam.

Waktu berjalan terus secara geologis dan daerah pengendapan semakin terbenam ke dalam permukaan bumi yang lebih dalam, karena bertambahnya berat oleh sedimen sedimen dan material yang menimbun di atasnya, atau karena gaya gaya tektonik yang menimbulkan efek *subsidence*. Material organik terbenam semakin dalam sehingga mengalami tekanan dan suhu yang semakin tinggi. Proses tersebut akan menimbulkan perubahan-perubahan kimiawi dari material organik tersebut. Perubahan material ini

merupakan cikal bakal terbentuknya campuran bahan hidrokarbon yang komposisinya sangat kompleks, baik hidrokarbon yang berupa cairan maupun yang berbentuk gas.

Kenaikan suhu terhadap kedalaman rata-rata di dunia ini sekitar 20 - 55 derajat celsius per kilometer. Di Sumatra sendiri dapat mencapai kurang lebih sekitar 100 °C/km. Sedangkan habitat minyak baru akan terbentuk pada suhu sekitar 65 - 150 °C yang biasanya berada pada kedalaman 1.5 – 3 km. Pada kedalaman 3 – 6 km batuan reservoir akan lebih didominasi oleh gas daripada minyak. Untuk kedalaman yang lebih dalam lagi suhu akan menjadi lebih tinggi sehingga gas akan menjadi lebih tinggi sehingga gas akan mengalami dekomposisi lebih lanjut.

Pada umumnya, minyak bumi biasanya terendapkan dalam batuan sedimen berpori baik yang memiliki nilai porositas 45% (reservoir yang sangat baik). Karena semakin lama batuan tersebut terendapkan dan tertimbun material di atasnya, maka batuan tersebut akan terkompaksi dan hal ini mengakibatkan nilai porositasnya berkurang. Minyak, gas, dan air akan terkumpul atau tersimpan di ruang pori-pori dari batuan berpori tersebut. Oleh karena tekanan gravitasi, maka fluida tersebut bergerak di dalam batuan perlahan-lahan. Batuan yang dapat meloloskan fluida disebut sebagai batuan yang permeabel. Permeabilitas batuan dapat memisahkan gas, minyak, dan air secara fisis, yaitu akibat perbedaan densitasnya. Minyak dan gas yang berdensitas lebih ringan daripada air akan bergerak naik sampai ke permukaan sebagai rembesan atau terperangkap di dalam jebakan lalu berhenti terakumulasi sampai perangkap itu penuh.

2.3. KOMPOSISI MINYAK BUMI

Minyak bumi hanya berisi minyak mentah saja, tetapi dalam penggunaan sehari-hari ternyata juga digunakan dalam bentuk hidrokarbon padat, cair, dan gas lainnya. Pada kondisi temperatur dan tekanan standar, hidrokarbon yang ringan seperti metana, etana, propana, dan butana berbentuk gas yang mendidih pada -161.6 °C, -88.6 °C, -42

°C, dan -0.5 °C, berturut-turut (-258.9°, -127.5°, -43.6°, dan +31.1 °F), sedangkan karbon yang lebih tinggi, mulai dari pentana ke atas berbentuk padatan atau cairan. Meskipun begitu, di sumber minyak di bawah tanah, proporsi gas, cairan, dan padatan tergantung dari kondisi permukaan dan diagram fase dari campuran minyak bumi tersebut.

Jenis hidrokarbon yang terdapat pada minyak bumi sebagian besar terdiri dari alkana, sikloalkana, dan berbagai macam jenis hidrokarbon aromatik, ditambah dengan sebagian kecil elemen-elemen lainnya seperti nitrogen, oksigen dan sulfur, ditambah beberapa jenis logam seperti besi, nikel, tembaga, dan vanadium. Jumlah komposisi molekul sangatlah beragam dari minyak yang satu ke minyak yang lain tetapi persentase proporsi dari elemen kimianya. Elemen karbon dengan rentang persentase 83% - 87%, elemen hydrogen dengan rentang persentase 10% - 14%, elemen nitrogen dengan rentang persentase 0.1% - 2%, elemen oksigen dengan rentang persentase 0.05% - 1.5%, elemen sulphur dengan rentang persentase 0.05% - 6.0% dan logam dengan rentang persentase <0.1%. hal ini dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi elemen berdasarkan berat

Elemen	Rentang persentase
Karbon	83 sampai 87%
Hidrogen	10 sampai 14%
Nitrogen	0.1 sampai 2%
Oksigen	0.05 sampai 1.5%
Sulfur	0.05 sampai 6.0%
Logam	< 0.1%

2.4. KLASIFIKASI MINYAK BUMI

Industri minyak bumi pada umumnya mengklasifikasi minyak mentah berdasarkan lokasi geografis dimana minyak tersebut diproduksi (misalnya *West Texas Intermediate*, *Brent Blend*, atau *Dubai crude*), Gravitasi API (sebuah ukuran pada industri minyak mentah untuk mengklasifikasi minyak berdasarkan massa jenisnya, dan kandungan

sulfurnya. Minyak bumi digolongkan ringan apabila massa jenisnya kecil dan berat apabila massa jenisnya besar. Minyak bumi juga digolongkan manis apabila kandungan sulfurnya sedikit dan digolongkan asam apabila kandungan sulfurnya tinggi.

2.5. CARA MEMPEROLEH MINYAK BUMI

Minyak mentah yang diperoleh dari dalam bumi berupa cairan kental dan berwarna hitam. Minyak tersebut belum bisa dipakai langsung harus dipisahkan terlebih dahulu. Minyak bumi terdiri dari fraksi-fraksi minyak bumi yang memiliki titik didih yang tertentu. Manusia bisa memisahkan dengan cara distilasi bertingkat. Distilasi adalah suatu metode pemisahan kimia berdasarkan pada kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas bahan). Dengan prinsip menguapkan cairan dan pengembunan kembali uap tersebut dengan titik didihnya masing masing. Setelah dipisahkan baru kita dapat menggunakannya sebagai gas kompor, bensin, dll.

Proses pengambilan minyak bumi dapat dilakukan dengan melalui beberapa tahap yang harus dilakukan, yaitu :

- a. Tahap pertama adalah eksplorasi, mencari keberadaan minyak bumi. Di dalam bumi terdapat beberapa lipatan-lipatan batuan. Dari permukaan tanah, manusia bisa memancarkan gelombang seismik ke dalam tanah. Gelombang seismik diciptakan menggunakan ledakan kecil, ledakan tersebut akan menghasilkan gelombang dan mengirimkannya sampai kedalaman tertentu. Apabila ada lipatan batuan atau struktur batuan yang menggelembung (*anti cline*), gelombang akan dipantulkan kembali ke permukaan tanah. Pantulan ini dapat dideteksi oleh sensor, sehingga manusia dapat mengetahui secara akurat posisi minyak bumi.
- b. Tahap kedua adalah eksploitasi. Eksploitasi adalah rangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan minyak bumi. Kegiatan ini meliputi pengeboran dan penyelesaian sumur,

pembangunan sarana pengangkutan, penyimpanan, dan pengolahan untuk pemisahan dan pemurnian minyak.

Eksplorasi dalam sumur produksi terbagi menjadi beberapa bagian pekerjaan, diantaranya :

- a. *Drilling and well construction*
- b. *Well Logging*
- c. *Well Testing*
- d. *Well Completion*
- e. *Production*

2.6. METODE PRODUKSI MINYAK BUMI

Metode produksi minyak bumi adalah salah satu proses pengangkatan crude oil (Minyak dan gas bumi) dari subsurface (bawah permukaan) sampai ke surface (permukaan). Proses produksi sangat berkaitan dengan laju alir suatu minyak dan gas bumi yang mengalir dari reservoir sampai kepala sumur. Secara umum tahapan atau metode produksi minyak bumi dibagi menjadi 2 (dua) tahapan, yaitu :

- a. Tahapan Sembur Alam (Natural Flowing)
- b. Tahapan Sembur Buatan (Artificial Lift)

Mempertahankan tekanan aliran dasar-sumur yang diperlukan adalah dasar untuk perencanaan (desain) setiap instalasi sembur buatan. Jika suatu tekanan "drawdown" yang ditentukan sebelumnya dapat dipertahankan, sumur akan memproduksi fluida yang diinginkan. Berikut metode dasar mengenai sembur buatan antara lain :

1. *Gas Lift*,
2. Pompa Hisap Tahapan Sembur Buatan (*Artificial Lift*)
3. Pompa Benam Tahapan Sembur Buatan (*Artificial Lift*)

2.7. PRINSIP KERJA SUCKER ROD PUMP

Prinsip kerja dari pompa *sucker rod* dapat dijelaskan bahwa gerak rotasi dari prime mover diubah menjadi gerak naik turun oleh pumping unit terutama oleh sistem pitman *crank assembly*. Kemudian gerak angguk (naik turun) ini oleh *horse head* dijadikan gerak lurus naik turun untuk menggerakkan plunger. Instalasi pumping unit di permukaan

dihubungkan dengan pompa yang ada dalam sumur oleh *sucker rod* sehingga gerak lurus naik turun dari *horse head* dipindahkan ke plunger pompa dan *plunger* bergerak naik turun dalam barrel pompa.

Pada saat *up-stroke*, plunger bergerak ke atas, di bawah plunger terjadi penurunan tekanan. Karena tekanan dasar sumur lebih besar dari tekanan dalam pompa maka akibatnya *standing valve* terbuka dan minyak masuk ke dalam pompa. Pada saat *down-stroke*, *standing valve* tertutup karena tekanan dari minyak dalam barrel pompa, sedangkan pada bagian atasnya, yaitu *traveling valve* terbuka oleh tekanan minyak akibat dari turunnya *plunger*, selanjutnya minyak akan masuk ke dalam tubing. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang sehingga minyak akan sampai ke permukaan dan terus ke separator melalui flow line.

2.8. PERALATAN POMPA SUCKER ROD PUMP

Peralatan yang utama dari pompa *sucker rod* dapat dikelompokkan berdasarkan letaknya, yaitu peralatan di atas permukaan dan di bawah permukaan.

a. Peralatan di Atas Permukaan

Mesin penggerak (*prime mover*) merupakan sumber tenaga penggerak utama dari seluruh rangkaian unit peralatan pompa, baik peralatan di atas permukaan maupun peralatan di dalam sumur. Fungsi utama peralatan pompa *sucker rod* di atas permukaan adalah :

1. Memindahkan energi atau tenaga dari *prime mover* ke unit peralatan pompa di dalam sumur.
2. Mengubah gerak berputar dari *prime mover* menjadi suatu gerak bolak-balik naik turun.
3. Mengubah kecepatan putar *prime mover* menjadi suatu langkah pemompaan (*stroke*/menit, SPM) yang sesuai atau yang diinginkan.

Komponen-komponen peralatan *sucker rod* di atas permukaan dan fungsinya adalah sebagai berikut :

1. *Stuffing Box*
2. *Polished Rod*

3. *Carrier Bar*
4. *Polished Rod Clamp*
5. *Briddle*
6. *Horse Head*
7. *Walking Beam*
8. *Pitman*
9. *Crank*
10. *Gear Reducer*
11. *Crank Shaft*
12. *Counter Balance*
13. *Sampson Post*
14. *Saddle Bearing*
15. *Equalizer*
16. *Brake*

b. Peralatan di Atas Permukaan

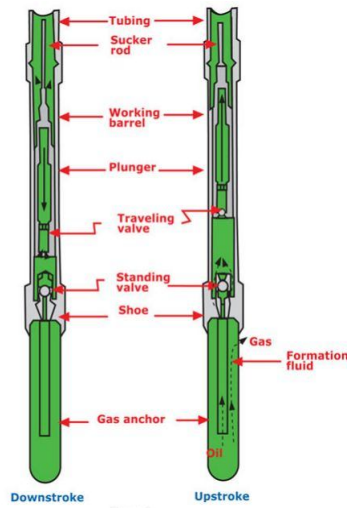
Seperti telah dijelaskan bahwa, fungsi pompa adalah untuk menaikkan fluida dari formasi ke dalam tubing dan mengangkatnya ke permukaan. Untuk maksud tersebut suatu pompa harus terdiri empat komponen utama, yaitu :

1. *Working Barel*
2. *Plunger*
3. *Standing Valve*
4. *Travelling Valve*

2.9. MEKANISME CARA KERJA TUBING PUMP

Pada saat *up-stroke* (langkah pompa ke atas) fluida membebani *plunger* yang menyebabkan *travelling valve* tertutup dan fluida akan mendorong dari tubing ke permukaan. Gerakan *plunger* ini menyebabkan penurunan tekanan di atas *standing valve*, maka *standing valve* terbuka dan fluida dari formasi masuk ke dalam pompa.

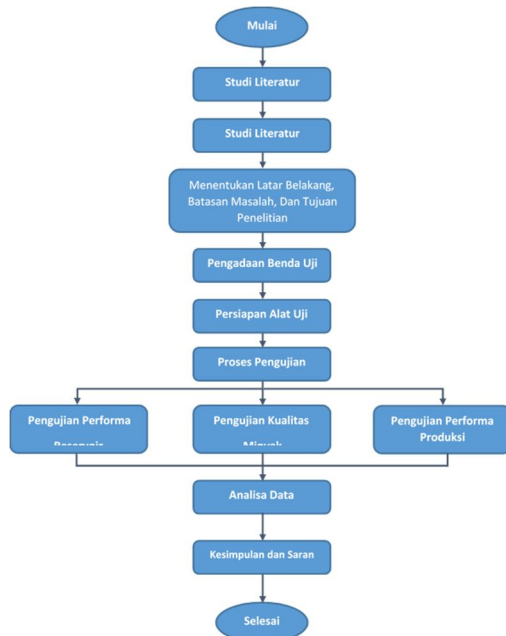
Pada saat *down-stroke* (langkah pompa ke bawah), plunger akan turun dan pada saat ini *travelling valve* akan terbuka dan *standing valve* akan tertutup sehingga fluida akan bergerak dari plunger ke dalam tubing. Peralatan pompa *sucker rod* di bawah permukaan dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Mekanisme Tubing Pump

III. METODE PENELITIAN

3.1. DIAGRAM ALIR



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

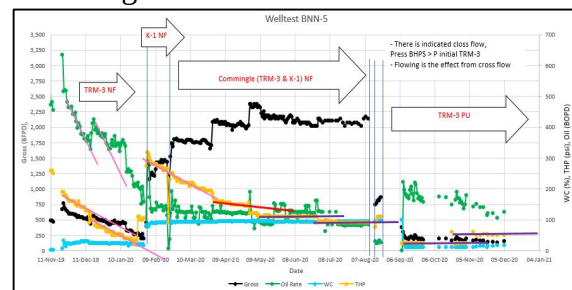
IV. PEMBAHASAN

4.1. HASIL DATA WELL TEST PRODUKSI

Sumur Produksi BN-X setelah dilakukan produksi pada November 2019 terus dilakukan pencatatan produksi dari beberapa parameter yang dicatat yaitu *Gross Oil*, *Oil Nett*, *Water Produce*, *WC*, *THP*, dan *CHP*. Hal ini berguna untuk memantau dan melihat performa produksi sumur BN-X selama berproduksi. Sehingga kondisi penurunan produksi dan juga kenaikan produksi dapat

terlihat per hari produksinya. Dari data grafik data well test produksi sumur BN-X setelah dilakukan penggantian metode produksi dari Natural flow menjadi SRP (*Suck Rod Pump*) menggunakan Pumping Unit dapat dilihat hasil perbandingan produksi dalam grafik well test BN-X pada Gambar 4.1.

Produksi BN-X dimulai produksi dengan metode natural flow dengan net oil awal sebesar 500 BOPD. Namun produksi BN-X tidak dapat bertahan lama dikarenakan mengalami penurunan produksi yang cukup besar, dengan *nett oil* produksi dari 500 BOPD menjadi 150 BOPD dan kecenderungan trend produksi turun seperti terlihat pada Gambar grafik 4.1.



Gambar 4.1 Analisa Data Well Testing BN-X

Metode kedua yang telah dilakukan adalah dengan menggabungkan 2 layer produksi yaitu TRM-3 dan K-1, hal ini dilakukan untuk menaikkan angka produksi BN-X yang diharapkan mendapat *Nett Oil* yang lebih besar. Hanya saja pada pelaksanaannya produksi Sumur BN-X tidak mengalami kenaikan produksi yang diharapkan, malah mengalami penurunan nilai *Nett Oil* produksi dari 150 BOPD menjadi 85 BOPD dan *Water Produce* mengalami kenaikan dari 1.100 BOPD menjadi 2.100 BOPD. Hal tersebut terlihat dalam data grafik 4.1.

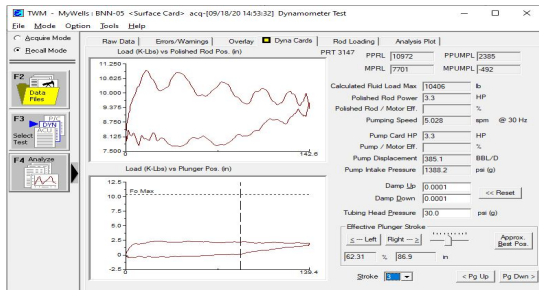
Hasil optimasi produksi sumur BN-X dapat dilihat dari data tabel produksi dari 4 metode optimasi produksi yaitu 3 metode dengan *Natural Flow* dan 1 metode *Tubing Pump*. Dari 4 metode yang dilakukan metode dengan *Tubing Pump* lebih efektif untuk produksi BN-X dengan *Nett Oil* sebesar 183 BOPD, *WC* 10% dan *Gross Oil* sebanyak 203 BOPD. Hal ini dapat dilihat dari tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Optimasi Produksi BN-X

Data produksi	TRM-3 NF	K-1 NF	Commingle (TRM-1 & K-1 NF)	TRM-3 PU
3FPD	266 bbl	1.438 bbl	2.135 bbl	203 bbl
BOPD	207 bbl	60 bbl	85 bbl	183 bbl
BWPD	59 bbl	1.378 bbl	2.050 bbl	20 bbl
WC	22 %	92 %	96 %	10 %
THP	100 psi	265 psi	90 psi	25 psi

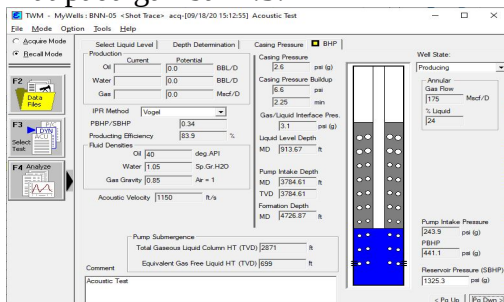
4.2. HASIL DATA TEST SONOLOG UNIT

Hasil data *test dynagraph* yang diambil pada sumur BN-X mengidentifikasi bahwa Tubing Pump yang dipasang sudah bekerja. Namun dari hasil grafik *Load (K-Lbs) vs Polished Rod Pos (in)* dan grafik *Load (K-Lbs) vs Plunger Pos (in)* terlihat ada ketidakseimbangan terhadap beban yang terjadi ketika Plunger Stroke Up dan Plunger Stroke Down. Hal ini mengakibatkan cairan yang terhisap tidak maksimal. Hasil pembacaan data *grafik load* dan perhitungan beban rangkaian sebesar 10.406 Klbs dengan minimum load 9.500 Klbs. Hal tersebut dapat terlihat dari Gambar 4.2.



Gambar 4.2 : Analisa Data Test Dynagraph BN-X

Hasil data *test acoustic* yang diambil pada sumur BN-X mengidentifikasi bahwa kondisi sumur BN-X dalam kondisi baik dengan level fluid pada 913,67 ft (278,49 m) dari surface dan Reservoir Pressure 1.325 psi. terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 : Analisa Data Test Acoustic BN-X

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian produksi dengan menggunakan *software TWM* dan *unit test sonolog*, dan juga data report harian produksi. Maka dapat diambil beberapa kesimpulan seperti dibawah ini, yaitu :

1. Nilai produksi yang didapat dengan menggunakan *Suck Rod Pump (SRP)* lebih ideal terhadap nilai produksi yaitu dengan WC 10 %, BFPD 203 bbl, BOPD 183 bbl dan BWPD 20 bbl.
2. Dari hasil analisa *software TWM* dapat dilihat bahwa *Tubing Pump* telah berfungsi dengan pumping speed 5,028 SPM dan pump displacement 385,5 BPD.
3. Dan dapat dilihat pemasangan *Tubing Pump* sudah sesuai dengan yang direncanakan dengan hasil *acoustic test* yakni 3784,61 ft (1153,55 m) dan *level fluid* berada pada *level* 913,67 ft (278,49 m).
4. Dari *software TWM* dan *unit echometer* diidentifikasi terdapat gas effect pada *Tubing Pump* yang mengakibatkan penurunan performa Pompa, dalam hal ini diperlukan analisa lebih jauh untuk mendapatkan performa dan optimasi produksi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Archer, J.S. 1986. *Petroleum Engineering Principle and Practice*. United Kingdom: Graham and Trotman Ltd.
2. Begg, H.D. 2003. *Production Optimization Using Nodal Analysis*. Oklahoma: OGCI and Petroskills Publication
3. Brown, K.E. 1984. *The Technology of Artificial Lift Methods*. Oklahoma: Petroleum Publishing Co
4. Caft, Holden Graven Jr., 1962, *Well Design, Drilling and Production*, Prentice Hall, New Jersey.
5. Dekker, M. 2012. *Petroleum and Gas Field Processing*. New York: MD Inc.
6. Gusti, B. 2011. *Sucker Rod Pump*, Jurnal Teknik Perminyakan, 18(3): 36-42

7. Heru, A. 2010. *Artificial Lift Methods*, Jurnal Teknik Perminyakan, 1(2): 56-72
8. Marhaendrajana, T. 2006. *Oil and Gas Production Activities*, Jurnal Teknik Perminyakan, 16(1): 24-39.
9. Szilas, A.P. 1975. *Production and Transport Of Oil and gas*. Hungaria : Elsevier Scientific Publishing Company.
10. Widartono, Msc. 1998. Diktat Kuliah Teknik Produksi Lanjut, Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jakarta.