

ANALISIA *PULL CAPACITY* DAN *SNUB CAPACITY HYDRAULIC WORKOVER UNIT 340K*

Ulya Hanifah^{1*}, Purnomo Sidi¹, Aditya Biru Sanjaya²

¹Teknik Produksi Migas, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Mentul, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah, 58315

²PT Elnusa Tbk, Jl. Mulawarman No.91, Batakan, Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur, 76116

*E-mail: ulya0857@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas tarik dan tekanan pada *Hydraulic Workover Unit 340K* dengan data lapangan dan spesifikasi teknis perusahaan. HWU merupakan peralatan penting dalam operasi *workover* yang berfungsi untuk melakukan perawatan dan perbaikan sumur produksi tanpa menggunakan *drilling rig* konvensional. Hasil analisis menunjukkan bahwa HWU 340K dilengkapi 4 silinder hidrolik berdiameter 6 inci dengan tekanan 3000 psi, yang menghasilkan kapasitas angkat (*pull capacity*) sebesar 339.292 lbs dan kapasitas tekan (*snub capacity*) sebesar 188.495 lbs. Nilai tersebut mencerminkan hubungan linier antara diameter silinder dan tekanan hidrolik terhadap kemampuan kerja aktual unit, sesuai dengan prinsip dasar sistem hidrolik. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa spesifikasi teknis rig, khususnya tekanan sistem dan dimensi silinder, berpengaruh signifikan terhadap efisiensi dan kapasitas operasional HWU. Dengan performa yang stabil dan efisiensi tinggi, HWU 340K dinilai optimal untuk digunakan pada kegiatan *well intervention* dan *workover* di sumur bertekanan sedang hingga tinggi.

Kata kunci: *Hydraulic Workover Unit*, kapasitas operasional, tekanan hidrolik

1. PENDAHULUAN

Kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi tidak hanya berhenti pada tahap produksi, tetapi juga mencakup proses pemeliharaan dan perbaikan sumur agar tetap produktif sepanjang umur ekonomisnya. Ketika sumur mengalami penurunan tekanan, kerusakan mekanis, atau *completion failure*, maka diperlukan kegiatan *workover* atau *well intervention* sebagai upaya untuk memulihkan atau meningkatkan kapasitas produksi sumur [1]. Dalam konteks ini, salah satu teknologi yang berperan penting adalah *Hydraulic Workover Unit* (HWU), yaitu peralatan yang menggunakan sistem hidrolik untuk melakukan intervensi sumur tanpa menggunakan *drilling rig* konvensional.

Mengingat pentingnya peran HWU dalam operasi *well intervention*, banyak lapangan minyak di Indonesia dan dunia telah memasuki fase produksi lanjut (*mature field*), di mana kegiatan *workover* menjadi bagian dari strategi peningkatan perolehan minyak (*enhanced oil recovery*). Dengan meningkatnya frekuensi kegiatan tersebut, kebutuhan akan HWU yang efisien, aman, dan sesuai spesifikasi menjadi semakin krusial [2].

Hydraulic Workover Unit berfungsi untuk menarik (*pulling*) dan mendorong (*snubbing*) komponen *sub-surface*, seperti tubing, drill string, maupun *completion tools* ke dalam sumur dengan presisi tinggi, bahkan ketika sumur masih bertekanan (*live well*). Teknologi ini memiliki keunggulan dari segi efisiensi, mobilitas, dan keselamatan kerja, sehingga banyak digunakan pada lapangan migas yang padat atau berlokasi di *offshore platform* [3]. Karena fleksibilitas dan efisiensinya, HWU banyak diaplikasikan pada operasi seperti penggantian

tubing, *packer retrieval*, *plug setting*, *fishing job*, serta kegiatan *well killing* dan *zonation isolation* [4]. Meskipun HWU telah banyak digunakan dalam berbagai operasi lapangan, analisis spesifikasi rig terhadap kapasitas kerja aktualnya masih menjadi tantangan teknis. Banyak kasus menunjukkan ketidaksesuaian antara spesifikasi rig dan tuntutan beban operasi menyebabkan penurunan efisiensi dan meningkatnya risiko operasional [5]

Kinerja optimal dari HWU sangat ditentukan oleh komponen utamanya, seperti *hydraulic jack*, *power pack*, *rotary table*, *mast structure*, *control console*, serta sistem keselamatan (*safety interlock*). Setiap komponen memiliki fungsi yang saling terkait dalam menghasilkan gaya hidrolik, mengatur aliran fluida, serta menjaga kestabilan sistem selama operasi. Kegagalan pada salah satu komponen dapat memengaruhi efisiensi kerja dan keselamatan operasi secara keseluruhan. Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap kinerja dan integritas komponen utama HWU menjadi penting untuk menjamin bahwa unit beroperasi sesuai kapasitas desainnya [6].

Berdasarkan hal tersebut, perumusan masalah dalam penelitian ini berfokus pada bagaimana hubungan antara spesifikasi rig terutama pada *pulling capacity*, *snubbing capacity*, dan sistem hidrolik terhadap kapasitas kerja aktual HWU dalam berbagai kondisi operasi. Permasalahan lainnya adalah sejauh mana parameter teknis tersebut memengaruhi efisiensi kerja dan keamanan operasi HWU, serta bagaimana menentukan kriteria pemilihan unit HWU yang sesuai dengan karakteristik sumur dan kondisi lapangan. Dengan memahami keterkaitan ini, dapat dilakukan perbaikan dalam perancangan, pemilihan, dan pengoperasian HWU di masa mendatang.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik dan fungsi komponen utama HWU 340K, menilai kapasitas operasional aktual unit berdasarkan hasil observasi lapangan dan data teknis perusahaan, serta memberikan rekomendasi teknis bagi pemilihan unit yang sesuai dengan beban dan tekanan sumur. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan standar teknis dan prosedur pengoperasian HWU, sehingga dapat mendukung peningkatan kinerja dan keselamatan dalam kegiatan *well intervention*.

Dalam mendasari penelitian ini, digunakan teori sistem hidrolik dan mekanika fluida, *Hydraulic Workover Unit* merupakan sistem mekanis yang menggunakan silinder hidrolik untuk mengangkat atau menurunkan pipa dengan gaya tekan tekan atau tarik. Gaya yang dihasilkan tergantung pada fluida hidrolik dan luas permukaan piston, sebagaimana dinyatakan oleh persamaan dasar sistem hidrolik [7] :

$$F = P \times A \quad (1)$$

Dengan prinsip ini, HWU dapat bekerja pada kondisi sumur bertekanan tanpa memerlukan rig besar, karena gaya yang dihasilkan cukup untuk mengatasi tekanan bawah permukaan [8].

Kinerja HWU sangat bergantung pada dua parameter mekanis utama, yaitu *pullcapacity* dan *snub capacity*. *Pull capacity* menggambarkan kemampuan unit untuk menarik tubing atau *drill string* keluar dari lubang sumur, sedangkan *snub capacity* menunjukkan kemampuan unit untuk mendorong pipa masuk ke dalam sumur ketika tekanan formasi menahan pergerakan tersebut [9]. Analisis terhadap kedua parameter ini penting untuk memastikan bahwa unit yang digunakan dapat beroperasi dalam batas aman struktur serta efisien terhadap beban dinamis yang terjadi selama operasi [10].

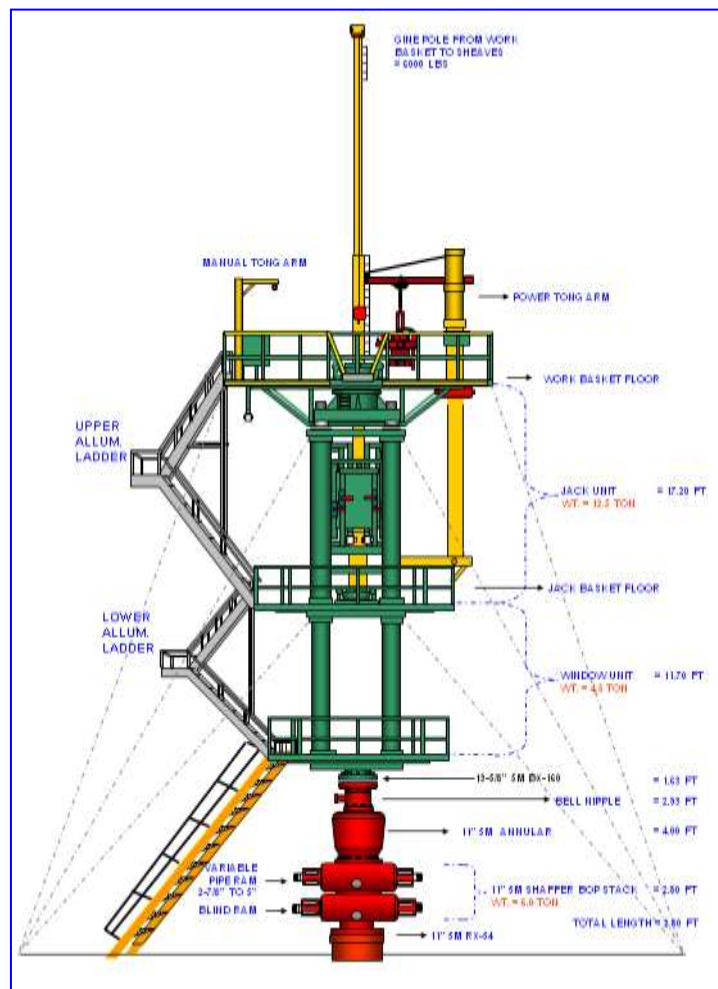
HWU 340K merupakan salah satu model dengan kapasitas menengah hingga tinggi yang umum digunakan di lapangan migas darat dan lepas pantai [11]. Namun, efektivitas penggunaannya sangat dipengaruhi oleh faktor teknis seperti tekanan hidrolik silinder, kapasitas sistem, serta karakteristik beban pipa dan kepala sumu [12]. Kegagalan dalam

memperhitungkan batas tarik dan tekan dapat menimbulkan risiko serius seperti *string failure*, *buckling*, atau *wellhead overstress* [13].

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis *pull capacity* dan *snub capacity* HWU 340K, dengan tujuan menilai kemampuan unit dalam menahan beban aksial maksimum berdasarkan parameter desain dan kondisi operasi aktual. Hasil kajian yang diharapkan dapat memberikan dasar teknis bagi peningkatan keselamatan kerja, optimalisasi desain hidrolik, serta perumusan standar operasional HWU yang lebih efisien.

Berdasarkan landasan teori tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa spesifikasi rig, terutama kapasitas angkat, kapasitas tekan, dan tekanan sistem hidrolik, berpengaruh signifikan terhadap kapasitas kerja aktual HWU. Dengan kata lain, maka semakin tinggi pula efisiensi dan kemampuan operasional unit dalam menangani berbagai kondisi sumur. Sebaliknya, jika spesifikasi tidak sesuai dengan tuntutan beban lapangan, maka performa unit akan menurun dan risiko kegagalan mekanis meningkat.

Hydraulic Workover Unit



Gambar 1 Hydraulic Workover Unit 340K

Hydraulic Workover Unit 340K yang digunakan dalam kegiatan well intervention dan workover ini terdiri dari beberapa bagian penting, seperti jack assembly, control system, work basket, jack basket, window basket, tong arm, gin pole, dan BOP stack.

1. Sistem Hydraulic Jack pada Hydraulic Workover Unit

Salah satu komponen utama dalam sistem kerja HWU adalah hydraulic jack, yaitu rangkaian mekanisme yang berfungsi untuk menghasilkan gaya angkat (*lifting force*) dan gaya tekan (*snubbing force*) melalui sistem tekanan fluida hidrolik. Jumlah silinder yang digunakan pada hydraulic jack biasanya dua atau empat buah bergantung pada kapasitas dan kebutuhan operasi. Semakin banyak jumlah silinder, semakin besar pula daya yang dihasilkan, namun kecepatan operasi (*tripping speed*) menjadi lebih lambat karena volume fluida yang dibutuhkan untuk setiap langkah piston lebih besar.

Kapasitas angkat dan kapasitas tekan suatu *hydraulic jack* ditentukan oleh beberapa parameter utama, yaitu ukuran diameter silinder, jumlah silinder, dan tekanan yang diperlukan. Secara sistematis, hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan:

Maximum lifting capacity

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} P_{max} N C^2 \quad (2)$$

Maximum snub capacity

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} P_{max} N (C^2 - R^2) \quad (3)$$

2. Jack Basket

Jack Basket merupakan platform kerja operator yang terletak pada bagian atas jack unit. Basket ini dilengkapi dengan railing keselamatan, serta menjadi tempat operator mengendalikan operasi Rig secara langsung. Jack basket juga berfungsi sebagai posisi observasi terbaik saat tubing dinaikkan atau diturunkan.

3. Work Basket

Work basket merupakan platform kerja yang berada di bagian atas rig, tempat operator dan teknisi melakukan pengendalian maupun pekerjaan langsung saat operasi berlangsung.

4. Rotary Table

Beberapa unit HWU dilengkapi dengan *rotary table* yang digerakkan secara hidrolik dan terpasang pada *traveling assembly*. Kecepatan putarnya dikendalikan oleh volume fluida hidrolik. Komponen ini digunakan untuk kegiatan *milling* dan *fishing* saat sumur dalam kondisi *dead well*, namun juga dapat beroperasi pada *live well* dengan sistem *rotating annular*. Selama operasi, traveling slips dipasang di atas meja putar agar pipa dapat berputar dan bergerak naik-turun secara bersamaan.



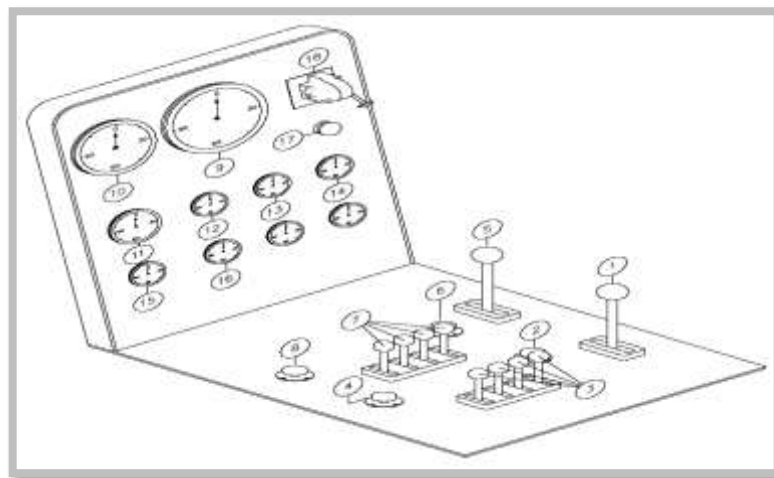
Gambar 2 Rotary Table

5. Slip Bowl

Slip bowl berfungsi untuk menahan tubing atau pipa dengan aman saat proses sambungan (make-up) atau pembongkaran (break-out). Alat ini mencegah tubing jatuh kembali ke dalam sumur ketika sedang diganti atau diperiksa.

6. Operator Console

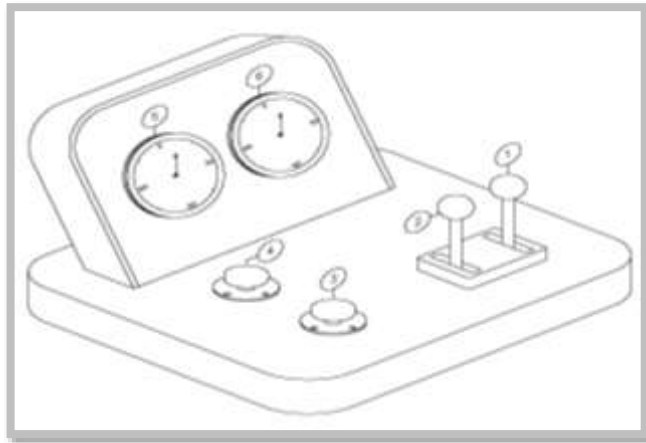
Panel kendali tempat operator mengatur semua sistem Rig, mulai dari hydraulic jack, rotary table, hingga sistem keselamatan. Console dilengkapi indikator tekanan, tuas, serta kontrol digital.



Gambar 3 Operator Console

7. Counter Balance Console

Unit khusus yang mengatur sistem penyeimbang (counter balance) pada Rig. Sistem ini membantu mengurangi beban hidrolik saat tubular dinaikkan atau diturunkan, sehingga gerakan lebih halus dan aman.



Gambar 4 Counter Balance Console

8. Power Tong

Alat mekanis yang digunakan untuk mengencangkan atau membuka sambungan tubing dan casing. Power tong bekerja dengan tenaga hidrolik, menggantikan pekerjaan manual sehingga lebih cepat, konsisten, dan aman. Alat ini terletak di area *work basket* dan bekerja secara hidrolik untuk menghasilkan torsi yang stabil dan aman. Pada HWU modern seperti 340K, *power tongs* dilengkapi sistem *back-up* dan pemantauan torsi otomatis guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja.

9. Gin Pole

Tiang penopang yang digunakan untuk mengangkat atau memindahkan peralatan Rigging, termasuk tubing dan casing. Pada Rig 340K, gin pole memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan Rig 150K.



Gambar 5 Gin Pole

10. Counter Balance

Sistem pemberat yang digunakan untuk menyeimbangkan beban pada basket dan peralatan kerja. Counter balance ini membuat operasional lebih stabil, terutama pada beban berat.



Gambar 6 Counter Balance

11. Window Basket

Window basket adalah tambahan platform kerja yang dipasang pada bagian Rig untuk memudahkan operator melakukan pekerjaan tertentu, seperti pengawasan tubing atau akses peralatan tambahan. Fungsinya melengkapi work basket sebagai area kerja tambahan.

12. Blow Out Preventer

Sistem ini berfungsi untuk mengoperasikan BOP rams, termasuk *stripper rams*, *annular BOP*, dan seluruh *ram preventer* lainnya. Selain itu, rangkaian ini juga menyuplai tekanan hidrolik untuk menggerakkan *stationary slips* dan *traveling slips* selama proses kerja. Tekanan hidrolik yang stabil pada sistem ini sangat penting untuk menjaga keselamatan operasi dan mencegah terjadinya blowout saat kegiatan *workover* berlangsung.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode analisis empiris berdasarkan data lapangan, data teknis perusahaan, serta hasil observasi langsung terhadap operasi *Hydraulic Workover Unit* di *warehouse* PT. Elnusa Tbk. Penelitian ini dilakukan selama periode Juli hingga September 2025. Metode penelitian meliputi :

1. Studi Pendahuluan

Tahap ini meliputi peninjauan literatur, spesifikasi teknis alat, serta laporan operasi HWU dari sumber perusahaan dan referensi akademik terkait analisis *pull capacity* dan *snub capacity*. Literatur juga digunakan untuk memahami prinsip kerja sistem hidrolik dan hubungan antara tekanan fluida dengan gaya kerja silinder.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan terdiri atas:

- a. Data primer, berupa hasil pengukuran tekanan sistem hidrolik, luas piston, dan beban aktual selama operasi HWU 340K.
- b. Data sekunder, meliputi *technical datasheet*, *operation manual*, serta catatan hasil uji beban (*load test*) dari perusahaan.

3. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung terhadap unit HWU 340K selama proses rig up,

snubbing operation, dan rig down, untuk mendapatkan data tekanan aktual dan kondisi sistem hidrolik selama operasi penarikan (*pull*) dan penekanan (*snub*).

3. PEMBAHASAN

A. Spesifikasi Teknis Hydraulic Workover Unit 340K

HWU 340K merupakan Rig kategori heavy Workover yang memiliki kapasitas besar. Rig ini mampu menarik hingga 340.000 lbs dengan kapasitas *snubbing* mencapai 180.000 lbs, sehingga dirancang untuk operasi sumur dalam dan kompleks. *Hydraulic jack* pada Rig ini memiliki *stroke* 10 ft dengan silinder 6 inci dan tekanan kerja 5.000 psi, memungkinkan penanganan tubular dan casing berdiameter besar. *Rotary table* Rig ini mampu menghasilkan torsi hingga ± 10.000 ft-lbs pada 60 rpm, yang ideal untuk operasi berat seperti *recompletion*, *sidetracking*, maupun *fishing* berskala besar. Sistem tenaganya berasal dari *power pack* diesel CAT 3406C berdaya 490 HP, dengan dukungan pumping unit Triplex TPC600 berkapasitas 600 BPH. Dari sisi keselamatan, Rig 340K dilengkapi BOP multi-stage berupa annular BOP 11" 5M dan double ram BOP yang memberikan proteksi berlapis terhadap potensi blowout. Keselamatan semakin diperkuat dengan accumulator Komey Type 80 berisi 12 botol dengan tekanan 1.100 psi, sehingga menjamin operasi BOP tetap dapat dilakukan secara cepat dalam kondisi darurat. Rig ini memang memerlukan waktu Rig up yang lebih lama (10–12 jam) serta logistik lebih kompleks, namun keunggulan spesifikasinya membuat Rig HWU 340K mampu menangani operasi berat pada sumur bertekanan tinggi, dalam, dan berisiko besar.

Tabel 1 Spesifikasi Teknis HWU 340K

Aspek	Rig Workover 340K
Kapasitas Angkat	340.000(pull), 180.000 (snub)
Hydraulic Jack	Stroke 10 ft, silinder 6" (5000 psi)
Rotary Table	± 10.000 ft-lbs @60 rpm
Power Pack	CAT 3406C, 490 HP
Pumping Unit	Triplex Pump TPC600 600 BPH
BOP	Annular BOP 11" 5M + Double Ram BOP 11"
Accumulator	Komey Type 80, 12 botol, 1100 psi
Mobilisasi	Lebih kompleks dan berat
Rig Up/Down	10-12 jam Rig up, ± 8 jam (Rig down)

B. Kapasitas Hydraulic Workover Unit

Pada tabel 2 menunjukkan perbandingan spesifikasi teknis dan kapasitas kerja beberapa tipe HWU berdasarkan jumlah silinder, *cylinder bore*, *rod diameter*, serta tekanan sistem hidrolik yang digunakan. Seluruh unit beroperasi pada tekanan hidrolik konstan sebesar 3000 psi, dengan variasi ukuran silinder dan *rod diameter* yang memengaruhi gaya *pull capacity* dan gaya *snub capacity*.

Dapat dilihat bahwa peningkatan *cylinder bore diameter* dan *rod diameter* berbanding lurus dengan peningkatan gaya angkat dan tekan. Hubungan ini menunjukkan bahwa kapasitas

kerja HWU ditentukan oleh luas penampang silinder dan tekanan sistem hidrolik, sebagaimana dijelaskan dalam teori dasar sistem hidrolik sesuai Pers. (1). Dimana semakin besar nilai A, semakin besar gaya yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan ukuran silinder dan tekanan sistem menjadi faktor penting dalam menentukan performa operasional HWU.

Tabel 2 Kapasitas HWU

Unit	Number Cylinder	Cyl Bore Dia Inch	Rod Dia Inch	Hyd Pressure	Pull Capacity Lbs	Snub Capacity Lbs
150K	4	4	3	3000	150796	65973
225K	4	5	3,5	3000	235619	120165
340K	4	6	4	3000	339292	188495
460K	4	7	5	3000	461814	226194
600K	4	8	6	3000	603185	263893

a. *Pull Capacity*

1) HWU 150K

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} P_{max} N C^2$$

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times 4^2$$

$$F_{lift} = 150796 \text{ lbs}$$

2) HWU 225K

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} P_{max} N C^2$$

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times 5^2$$

$$F_{lift} = 235619 \text{ lbs}$$

3) HWU 340K

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} P_{max} N C^2$$

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times 6^2$$

$$F_{lift} = 339292 \text{ lbs}$$

4) HWU 460K

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} P_{max} N C^2$$

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times 7^2$$

$$F_{lift} = 461814 \text{ lbs}$$

5) HWU 600K

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} P_{max} N C^2$$

$$F_{lift} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times 8^2$$

$$F_{lift} = 603185 \text{ lbs}$$

b. *Snub Capacity*

1) HWU 150K

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} P_{max} N(C^2 - R^2)$$

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times (4^2 - 3^2)$$

$$F_{snub} = 65973 \text{ lbs}$$

2) HWU 225K

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} P_{max} N(C^2 - R^2)$$

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times (5^2 - 3,5^2)$$

$$F_{snub} = 120165 \text{ lbs}$$

3) HWU 340K

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} P_{max} N(C^2 - R^2)$$

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times (6^2 - 4^2)$$

$$F_{snub} = 188495 \text{ lbs}$$

4) HWU 460K

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} P_{max} N(C^2 - R^2)$$

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times (7^2 - 5^2)$$

$$F_{snub} = 226194 \text{ lbs}$$

5) HWU 600K

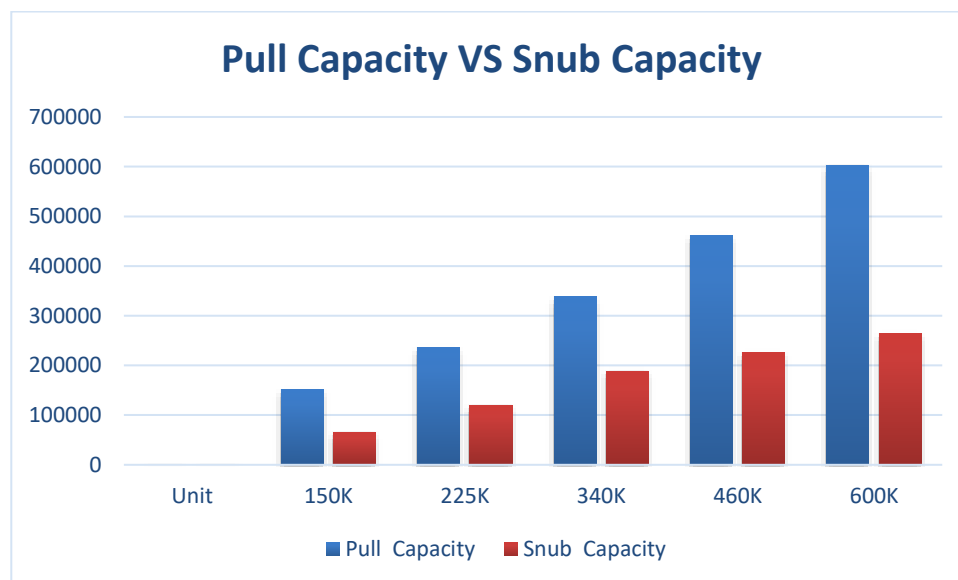
$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} P_{max} N(C^2 - R^2)$$

$$F_{snub} = \frac{\pi}{4} \times 3000 \times 4 \times (8^2 - 6^2)$$

$$F_{snub} = 263893 \text{ lbs}$$

Perhitungan dilakukan untuk setiap tipe unit (150K, 225K, 340K, 460K, dan 600K) dengan jumlah empat silinder, sesuai spesifikasi teknis. Hasil perhitungan ini menunjukkan hubungan langsung antara diameter silinder dengan *pull capacity* dan *snub capacity*, di mana semakin besar diameter silinder, maka semakin besar pula gaya yang dihasilkan oleh sistem hidrolik.

Gambar 7 merupakan grafik *Pull Capacity vs Snub Capacity* dimana menunjukkan perbandingan kemampuan kerja beberapa tipe Hydraulic Workover Unit (HWU) berdasarkan kapasitas tarik (pull) dan kapasitas tekan masuk (snub). Secara umum, terlihat bahwa setiap peningkatan kelas unit dari 150K hingga 600K selalu diikuti oleh peningkatan signifikan pada kedua jenis kapasitas tersebut. Pull capacity memiliki nilai yang jauh lebih besar dibandingkan snub capacity pada semua unit, menggambarkan bahwa HWU dirancang untuk memberikan gaya angkat yang jauh lebih dominan dibandingkan gaya dorong masuk. Pada unit 150K, pull capacity berada di sekitar 150.000 lbs sementara snub capacity sekitar 70.000 lbs. Tren ini terus meningkat pada unit berikutnya, misalnya unit 340K memiliki pull capacity sekitar 340.000 lbs dan snub capacity sekitar 185.000 lbs. Peningkatan paling tinggi terlihat pada unit 600K dengan pull capacity mencapai 600.000 lbs dan snub capacity sekitar 260.000 lbs. Pola ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas unit, semakin besar kemampuan HWU dalam melakukan operasi menarik dan menekan tubing, sehingga unit dengan kapasitas besar lebih cocok untuk pekerjaan sumur dengan kondisi beban yang lebih berat dan kompleks.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Pull dan Snub Capacity

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap kemampuan kerja *Hydraulic Workover Unit* 340K, dapat disimpulkan bahwa unit ini memiliki kapasitas tarik dan kapasitas tekan yang sesuai dengan karakteristik desain dan spesifikasi teknis pabrikan. *Pull capacity* menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan *snub capacity*, menegaskan bahwa mekanisme kerja HWU lebih dioptimalkan untuk memberikan gaya angkat besar dalam operasi menarik tubing atau pipa produksi. Perbandingan antara nilai aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan dengan spesifikasi pabrikan menunjukkan adanya selisih yang masih berada dalam batas toleransi operasional, dengan indikasi penurunan kecil yang umumnya disebabkan oleh faktor efisiensi mekanis, kondisi komponen hidrolik, dan potensi kehilangan gaya akibat gesekan.

Secara keseluruhan, HWU 340K tetap mampu memberikan performa tarik dan tekan yang memadai untuk operasi workover sumur dengan beban medium hingga tinggi. Kapasitas aktual yang terukur masih mendukung pelaksanaan kegiatan snubbing dan pulling secara aman dan efektif dengan syarat dilakukan pemantauan berkala terhadap kondisi *hydraulic system*, struktur *derrick/ram*, serta sistem mekanis pendukung lainnya. Dengan demikian, HWU 340K dapat dikategorikan dalam kondisi operasional yang layak, dan dapat direkomendasikan untuk pekerjaan workover yang memerlukan gaya kontrol tinggi dalam menarik maupun menekan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman, A., Abdullah, M., & Karim, H. (2020). *Hydraulic Workover Unit Performance and Optimization in Mature Fields*. Journal of Petroleum Engineering, 35(2), 45–56
- [2] Ridwan, F., & Yuliana, D. (2022). *Studi Kapasitas Angkat Hydraulic Workover Unit pada Operasi Well Intervention*. Jurnal Rekayasa Energi, 10(3), 102–112.
- [3] Siregar, M. A. (2021). *Analisis Efisiensi Operasi Hydraulic Workover Unit pada Lapangan X*. Jurnal Energi dan Teknologi Migas, 12(1), 15–25.
- [4] Utami, R., Prasetyo, D., & Wibowo, H. (2021). *Evaluasi Kinerja Rig Snubbing terhadap Kapasitas Beban Sumur Dalam*. Jurnal Teknologi Migas Indonesia, 7(2), 54–63.
- [5] Sutrisno, A., Firmansyah, R., & Lestari, T. (2022). *Assessment of Safety and Efficiency in Hydraulic Workover Operations*. Energy Procedia, 214, 987–995.
- [6] Ali, K., & Zhang, Y. (2018). *Design Considerations for Hydraulic Workover Rigs in Offshore Environments*. Offshore Technology Conference Proceedings, OTC-29022.
- [7] Peterson, J., Allen, C., & Brown, T. (2020). *Automation and Digital Monitoring in Hydraulic Workover Units: Enhancing Efficiency and Safety*. Journal of Energy Systems Engineering, 28(4), 221–230.
- [8] Al-Shammari, A., & Al-Ghamdi, S. (2019). *Optimization of Hydraulic Workover Units for Deep Well Applications*. SPE Middle East Oil and Gas Journal, 4(1), 77–86.
- [9] Al-Kaabi, A., Al-Ahmadi, M., & Hadi, M. (2018). "Mechanical Load Analysis on Hydraulic Workover Units." *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 166, 412–420.
- [10] Ibrahim, A., & Al-Harbi, S. (2021). "Dynamic Modeling of Snubbing Operations under High Formation Pressure." *Oil & Gas Science and Technology*, 76(2), 1–12.
- [11] Patel, N., Singh, R., & Thomas, J. (2019). "Field Evaluation of 340K Hydraulic Workover Units in Onshore Operations." *Society of Petroleum Engineers Technical Paper*, SPE-195212-MS.
- [12] Rana, A., & Oyeniran, A. (2022). "Performance Optimization of Hydraulic Workover Units Using Finite Element Analysis." *Energy Reports*, 8, 501–513.
- [13] Salem, F., & Mahmud, A. (2020). "Failure Analysis in Tubing Strings during Hydraulic Snubbing Operations." *Engineering Failure Analysis*, 113, 104595.

Daftar Simbol

F	=	Gaya, Lbs
P	=	Tekanan, Psi
A	=	Luas penampang, inci
N	=	Jumlah silinder
C	=	<i>Cylinder bore diameter</i> , inci
R	=	<i>Rod diameter</i> , inci