

ANALISIS KINERJA DAN INTEGRITAS TEKANAN ANNULAR PREVENTER 13 5/8 INCI BERDASARKAN API SPEC 16A DAN API STANDARD 53 DI WORKSHOP PT ASRINDO CITRASENI SATRIA, LAPANGAN MINAS – RIAU

Muhammad Furqan Adhim Muhadir¹, Bambang Yudho Suranta¹

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gaja Mada No.38 Cepu, Blora, Jawa Tengah, 58312

*E-mail: furqan.adhim@gmail.com

ABSTRAK

Kegagalan sistem *Blowout Preventer* (BOP) dapat menimbulkan risiko serius terhadap keselamatan pekerja, peralatan, dan lingkungan pada operasi pemboran minyak dan gas. Salah satu komponen penting dalam sistem BOP adalah *annular preventer*, yang berfungsi sebagai pengendali tekanan sekunder untuk menutup ruang annulus di sekitar pipa bor maupun lubang terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja fungsional (uji penutupan) dan integritas tekanan *annular preventer* berukuran 13 5/8 inci berdasarkan acuan API Specification 16A dan API Standard 53. Pengujian dilakukan di Workshop PT Asrindo Citraseni Satria, Lapangan Minas–Riau, dengan dua tahapan utama, yaitu *function test* dan *pressure test*. *Function test* dilakukan untuk menilai kemampuan sistem hidrolik dalam menutup elemen karet (*packing element*) dengan waktu penutupan 23 detik, masih berada di bawah batas maksimum 30 detik sesuai API Standard 53. Sementara itu, *pressure test* dilakukan dalam dua tahap, yaitu uji tekanan rendah sebesar 250 psi dan uji tekanan tinggi sebesar 1500 psi selama 5 menit. Pengujian ini mengacu pada API Specification 16A, yang mensyaratkan peralatan harus mampu menahan tekanan tanpa kebocoran maupun penurunan tekanan yang signifikan untuk membuktikan integritas tekanan.

Kata kunci: *Annular preventer, API Spec 16A, API Standard 53, BOP, function test, pressure test, well control*

1. PENDAHULUAN

Keselamatan kerja dalam operasi pemboran minyak dan gas bumi merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan, terutama pada tahap pengendalian tekanan sumur atau *well control*. *Well control* merupakan upaya untuk menjaga tekanan hidrostatik kolom lumpur pemboran selalu lebih besar dari tekanan formasi [1]. Keseimbangan tekanan ini sangat penting karena ketika tekanan lumpur lebih rendah dari tekanan formasi, maka fluida formasi akan masuk ke dalam lubang bor dan menyebabkan *kick*. Apabila kondisi ini tidak segera dikendalikan, *kick* dapat berkembang menjadi *blowout* yaitu keluarnya fluida formasi secara tidak terkendali ke permukaan, yang dapat menyebabkan kerusakan fasilitas, pencemaran lingkungan, serta risiko keselamatan yang serius bagi pekerja di lokasi pemboran.

Salah satu komponen penting dalam sistem BOP yakni *annular preventer*. Komponen ini memiliki keunggulan dibandingkan *ram preventer* karena dapat menutup ruang *annulus* pada berbagai ukuran pipa, *kelly*, bahkan lubang terbuka (*open hole*). *Annular preventer* bekerja dengan prinsip tekanan hidrolik, di mana fluida dari sistem kontrol hidrolik menekan piston, sehingga menyebabkan elemen karet (*packing element*) mengembang dan menutup lubang sumur secara rapat. Ketika tekanan dilepaskan, piston bergerak ke atas, dan elemen karet

kembali ke bentuk semula. Dengan fleksibilitas ini, *annular preventer* mampu berfungsi dalam berbagai kondisi operasi pemboran [2].

Salah satu tahapan penting dalam pengujian *annular preventer* adalah *function test*, yang terdiri dari *annular close test*. Uji ini bertujuan untuk memverifikasi pergerakan piston, kondisi sistem hidrolik, serta elastisitas elemen karet dalam proses pembukaan dan penutupan. Setelah fungsi mekanik dinyatakan normal, dilakukan *pressure test* dengan dua tahap, yaitu *low pressure test* pada tekanan 250 psi selama 5 menit dan *high pressure test* pada tekanan 1500 psi selama 5 menit. Tahapan ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem mampu menahan tekanan tanpa kebocoran maupun penurunan tekanan yang signifikan. *API Standard 53* juga menegaskan bahwa pengujian tersebut harus dilakukan secara berkala, setidaknya setiap 21 hari operasi atau sebelum rig dipindahkan ke lokasi baru, untuk menjamin keandalan sistem *well control* [3].

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap *annular preventer* berukuran 13 5/8 inci di Workshop PT Asrindo Citraseni Satria, Lapangan Minas – Riau. Kegiatan ini dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan tersebut memenuhi standar kelayakan operasional sebelum digunakan dalam kegiatan pemboran. Berdasarkan laporan internal PT Asrindo Citraseni Satria, pengujian meliputi *annular close test*, *low pressure test* pada 250 psi selama 5 menit, dan *high pressure test* pada 1500 psi selama 5 menit. Setiap tahapan dilakukan dengan memperhatikan prosedur yang tercantum dalam *API Spec 16A* dan *API Std 53*, dengan hasil pengamatan terhadap kestabilan tekanan, gerakan piston, serta kondisi elemen karet penyekat [4].

Keandalan *annular preventer* harus selalu dipastikan melalui serangkaian pengujian, baik di pabrikan maupun di lapangan. Untuk menjamin kualitas dan keselamatan operasi, American Petroleum Institute (API) telah menetapkan standar teknis dan operasional melalui dua dokumen utama, yaitu *API Specification 16A* dan *API Standard 53*. *API Specification 16A* mengatur tentang spesifikasi desain, material, serta metode pengujian pabrikan terhadap peralatan *drill-through equipment*, termasuk *ram preventer* dan *annular preventer* [5]. Standar ini juga menentukan klasifikasi tekanan kerja (*working pressure rating*) dan kriteria kelulusan uji tekanan, seperti batas penurunan tekanan maksimum dan kondisi visual terhadap kebocoran selama uji. Sementara itu, *API Standard 53* berfokus pada pedoman operasional di lapangan, yang mencakup frekuensi pengujian, prosedur *function test*, *pressure test*, inspeksi visual, serta pemeliharaan sistem BOP untuk memastikan peralatan tersebut siap digunakan kapan pun diperlukan [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja fungsional dan integritas tekanan *annular preventer* berdasarkan standar API. Melalui hasil pengujian ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai kondisi peralatan, tingkat keandalannya, serta langkah-langkah yang diperlukan dalam pemeliharaan dan inspeksi lanjutan. Selain itu, penelitian ini juga berperan dalam mendukung peningkatan budaya keselamatan kerja di industri pemboran melalui penerapan prosedur pengujian yang sesuai standar internasional.

2. METODE

Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data lapangan (*field data acquisition*) yang meliputi pencatatan waktu penutupan *annular preventer*, tekanan aktual saat *low pressure test* (250 psi) dan *high pressure test* (1500 psi), perubahan tekanan selama penahanan, serta rekaman kurva tekanan melalui *Barton Chart Recorder*. Selain itu, dilakukan pula observasi visual terhadap kondisi elemen karet (*packing element*), piston hidrolik, sambungan flange, serta potensi kebocoran fluida. Semua data yang diperoleh bersifat langsung dan tidak dimodifikasi, sehingga mencerminkan kondisi sebenarnya dari peralatan yang diuji [7].

Setelah function test dinyatakan memenuhi kriteria, penelitian dilanjutkan dengan pressure test sesuai API Spec 16A. Uji tekanan dilakukan dalam dua tahap, yaitu uji tekanan rendah (*low pressure test*) dan uji tekanan tinggi (*high pressure test*). Uji tekanan rendah dilakukan dengan menaikkan tekanan hingga 250 psi dan menahannya selama 5 menit untuk memeriksa potensi kebocoran awal pada sambungan serta elastisitas elemen karet. Sementara itu, uji tekanan tinggi dilakukan dengan menaikkan tekanan hingga 1500 psi, kemudian mempertahankannya selama 5 menit untuk menilai integritas struktural annular preventer pada tekanan kerja maksimum. Selama tahap ini, kestabilan tekanan diamati melalui *Barton Chart Recorder* dan pressure gauge yang telah dikalibrasi. Penurunan tekanan yang melebihi batas toleransi atau munculnya kebocoran visual dianggap sebagai indikasi kegagalan uji [8].

Tahap terakhir adalah analisis data, yang dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian lapangan dengan kriteria kelulusan yang tercantum dalam API Specification 16A dan API Standard 53. Analisis meliputi evaluasi waktu penutupan annular, kestabilan tekanan selama penahanan, pola perubahan tekanan pada grafik Barton Chart, serta pemeriksaan keseluruhan peralatan selama uji berlangsung [9]. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menilai apakah annular preventer memenuhi persyaratan API, tetapi juga memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja operasional peralatan dalam kondisi lapangan yang sebenarnya.

3. PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara menyeluruh hasil pelaksanaan pengujian fungsi dan tekanan (*function test* dan *pressure test*) pada *annular preventer* berukuran 13 5/8 inci yang merupakan bagian dari sistem *Blowout Preventer (BOP)*. Pembahasan mencakup kondisi umum pelaksanaan pengujian, peralatan dan konfigurasi sistem uji, tahapan pelaksanaan pengujian, serta hasil pengamatan yang diperoleh dari uji tekanan rendah (*low pressure test*) dan tekanan tinggi (*high pressure test*). Selain itu, disajikan pula analisis terhadap kestabilan tekanan, waktu penahanan, dan kondisi visual selama pengujian untuk mengevaluasi kinerja *annular preventer* berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh *API Specification 16A* dan *API Standard 53*. Hasil dari pengujian ini menjadi dasar dalam menentukan kelayakan operasional peralatan BOP serta menilai efektivitas sistem penyekatan dalam mendukung keselamatan operasi pemboran di Lapangan Minas.

Peralatan dan Konfigurasi Uji

Pelaksanaan uji tekanan dilakukan menggunakan sistem hidrolik terintegrasi yang terdiri dari beberapa komponen utama. Setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang saling mendukung untuk menghasilkan tekanan kerja yang stabil dan terukur. Sistem ini bekerja dalam konfigurasi tertutup (*closed hydraulic loop*), di mana fluida bertekanan tinggi dipompa dari *Hydraulic Control Unit (HCU)* menuju *annular preventer* melalui jalur *pressure line*, dan kemudian kembali ke tangki melalui *return line*. Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk mensimulasikan kondisi kerja aktual *annular preventer* saat dioperasikan pada rig pemboran, tetapi dalam lingkungan yang terkendali dan aman di workshop. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari beberapa bagian berikut:

A. Hydraulic Control Unit (HCU)

Hydraulic Control Unit terdiri atas pompa hidrolik (*hydraulic pump*), tangki fluida hidrolik, serta panel kontrol tekanan sederhana yang digunakan untuk mengatur dan memantau tekanan selama pengujian berlangsung. Tekanan yang dihasilkan oleh unit ini dapat mencapai maksimum 5000 psi, sesuai dengan kebutuhan pengujian *annular preventer* berukuran 13 5/8

inci. Fluida hidrolik dari tangki dipompa ke dalam sistem melalui selang bertekanan tinggi (*high-pressure hose*), yang kemudian disalurkan langsung ke *annular preventer* sebagai objek uji. Koneksi antara HCU dan *annular preventer* dilakukan dengan sambungan berstandar API, sehingga mampu menahan tekanan tinggi tanpa kebocoran [10]. Gambar 1 merupakan HCU yang berfungsi sebagai sumber tenaga hidrolik utama dalam sistem pengujian. Peralatan ini menghasilkan tekanan fluida yang akan digunakan untuk mengoperasikan *annular preventer* selama uji tekanan.



Gambar 1. Hydraulic Control Unit (HCU) sebagai sumber tekanan utama pada sistem pengujian BOP di Workshop PT Asrindo Citraseni Satria

B. Hydraulic Test Pump dan Pressure Line



Gambar 2. Pompa hidrolik dan jalur tekanan (*pressure line*) yang menghubungkan HCU dengan *annular preventer*.

Gambar 2 merupakan *Hydraulic test pump* digunakan untuk menaikkan tekanan fluida secara bertahap ke nilai target pengujian. Pompa ini dioperasikan secara manual oleh teknisi melalui katup kontrol tekanan. Selama proses peningkatan tekanan, fluida mengalir melalui selang bertekanan tinggi (*high-pressure hose*) yang tersambung ke *annular preventer* sebagai objek uji.

C. Annular Preventer 13 5/8 Inci



Gambar 3. Annular preventer 13 5/8 inci di Workshop PT Asrindo Citraseni Satria,

Gambar 3 merupakan peralatan utama yang diuji merupakan *annular preventer* berukuran 13 5/8 inci. Mekanisme kerjanya didasarkan pada prinsip gaya tekan hidrolik terhadap elemen karet (*packing element*). Ketika tekanan diberikan ke ruang piston, piston akan bergerak menekan elemen karet, sehingga elemen tersebut mengembang dan menutup ruang annulus. Sebaliknya, ketika tekanan dilepaskan, elemen karet kembali ke posisi semula (*open position*). Dalam pengujian, *annular preventer* ditempatkan di lantai uji (*test bay*) dan dihubungkan dengan *pressure line* dari HCU melalui *high-pressure hose*.

D. Pressure Gauge dan Sistem Monitoring Tekanan



Gambar 4. Pressure Gauge

Gambar 4 merupakan (*pressure gauge*) alat ini berfungsi untuk membaca tekanan aktual selama proses *low pressure test* dan *high pressure test*, sehingga operator dapat memastikan tekanan berada pada nilai yang ditetapkan selama durasi pengujian. *Pressure gauge* dipasang di titik antara *pressure line* dan *annular preventer*, sehingga mampu membaca tekanan yang benar-benar diterima oleh alat uji.

E. Barton Chart Recorder

Selain *pressure gauge* digital, pengujian tekanan juga dilengkapi dengan *Barton Chart Recorder* sebagai alat perekam tekanan analog.



Gambar 5. Barton Chart Recorder

Gambar 5 merupakan *Barton Chart Recorder* berfungsi untuk merekam perubahan tekanan terhadap waktu secara kontinu selama proses pengujian berlangsung. Alat ini bekerja dengan sistem mekanis yang terdiri dari pena perekam dan kertas berbentuk lingkaran (*circular chart*) yang berputar dengan kecepatan konstan. Tekanan dari sistem uji diteruskan ke *bourdon tube* di dalam alat, sehingga pergerakannya menggerakkan pena untuk menggambar garis tekanan pada *chart*.

Prosedur Uji Tekanan

Setelah seluruh peralatan dipastikan berfungsi dengan baik dan sambungan hidrolik terpasang dengan aman, dilakukan uji tekanan (*pressure test*) untuk menilai integritas sistem *annular preventer* terhadap tekanan operasi. Proses pengujian dilakukan secara bertahap dan terkendali untuk menghindari tekanan kejut (*pressure surge*), serta mengikuti acuan API *Specification 16A* dan API Standard 53, yang mengatur tahapan serta batas kelulusan pengujian.

Pengujian terdiri dari dua tahap, yaitu:

1. Uji Tekanan Rendah (*Low Pressure Test*)
2. Uji Tekanan Tinggi (*High Pressure Test*)

Sebelum tekanan diberikan, dilakukan pemeriksaan terhadap kondisi awal sistem untuk memastikan:

- Tidak terdapat kebocoran fluida pada *fitting* atau sambungan.
- Volume fluida dalam HCU mencukupi.
- Katup pengatur tekanan (*pressure regulator valve*) dalam kondisi tertutup sebelum pompa diaktifkan.
- *Bleeding* udara telah dilakukan dari seluruh jalur agar pembacaan tekanan akurat.

A. Uji Tekanan Rendah (*Low Pressure Test*)

Tahapan pertama dilakukan dengan meningkatkan tekanan fluida hidrolik hingga mencapai 250 psi. Kenaikan tekanan dilakukan secara bertahap dengan kecepatan yang stabil agar sistem tidak menerima beban mendadak. Setelah tekanan mencapai 250 psi, sistem ditutup dan tekanan dipertahankan selama 5 menit. Nilai tekanan diamati melalui alat ukur tekanan yang dipasang di jalur *pressure line*.



Gambar 6. Pembacaan tekanan 250 psi menggunakan pressure gauge pada pengujian tekanan rendah *annular preventer* 13 5/8 inci

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa tekanan tetap konstan di posisi 250 psi selama durasi pengujian tanpa terjadi penurunan atau kebocoran visual. Dengan demikian, *annular preventer* dinyatakan lulus uji tekanan rendah sesuai kriteria API Standard 53.



Gambar 7. Pembacaan tekanan 250 psi menggunakan Barton Chart pada pengujian tekanan rendah *annular preventer* 13 5/8 inci

Pada gambar ke 7 Pembacaan tekanan *Barton Chart* pada tahap *low pressure test* menunjukkan garis tekanan yang stabil pada level 250 psi selama durasi 5 menit pengujian. Area yang ditandai pada gambar memperlihatkan bahwa pena perekam bergerak secara konsisten membentuk garis yang hampir lurus tanpa adanya fluktuasi atau penurunan tekanan yang signifikan.

Selama 5 menit penahanan tekanan ini, grafik tidak menunjukkan tanda-tanda *pressure decay*. Jika terjadi kebocoran, pola grafik biasanya akan menurun secara bertahap atau menunjukkan deviasi kecil akibat keluarnya fluida dari sistem. Namun, pada Barton Chart pada gambar 7, garis tetap berada dalam satu rentang tekanan, mengindikasikan bahwa elemen penyekat (*packing element*) telah menutup annulus dengan baik, dan seluruh sambungan hidrolik berada dalam kondisi rapat. Hal ini juga menunjukkan bahwa housing annular preventer serta test stump tidak mengalami deformasi yang dapat menyebabkan kebocoran awal.

B. Uji Tekanan Tinggi (*High Pressure Test*)

Tahap selanjutnya dilakukan dengan menaikkan tekanan secara bertahap hingga mencapai 1500 psi. Tekanan dinaikkan perlahan dari nilai nol dengan pengaturan pada *control manifold* untuk menghindari fluktuasi mendadak yang dapat merusak *packing element*.

Setelah tekanan mencapai 1500 psi, sistem ditutup dan tekanan dipertahankan selama 5 menit. Nilai tekanan dipantau melalui *pressure gauge* yang dipasang pada jalur uji, sebagaimana diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 8. Pembacaan tekanan 1500 psi pada pengujian tekanan tinggi *annular preventer* 13 5/8 inci

Pada gambar 8 tekanan tetap berada pada posisi 1500 psi selama 5 menit penuh tanpa penurunan dari tekanan awal. Dengan hasil tersebut, *annular preventer* 13 5/8 inci dinyatakan lulus uji tekanan tinggi (pass) sesuai *API Specification 16A*, yang mensyaratkan tekanan harus stabil dan tidak menunjukkan kebocoran visual selama waktu pengujian.



Gambar 9. Pembacaan tekanan 1500 psi menggunakan Barton Chart pada pengujian tekanan rendah *Annular Preventer* 13 5/8 inci

Gambar 9 menunjukkan garis tekanan yang stabil berada pada level 1500 psi selama durasi 5 menit pengujian. Area yang ditandai pada gambar memperlihatkan bahwa pena perekam menghasilkan garis hampir lurus tanpa menunjukkan adanya penurunan tekanan (*pressure drop*) ataupun fluktuasi yang menandakan ketidakstabilan sistem. Stabilitas grafik pada tekanan tinggi ini merupakan indikator utama bahwa *annular preventer* mampu mempertahankan

integritas strukturalnya di bawah kondisi tekanan maksimum yang disyaratkan oleh API Spec 16A [11].

Tabel 1. Hasil Pengujian Tekanan Annular Preventer 13 5/8 Inci

Jenis Uji	Tekanan Awal (psi)	Tekanan Akhir (psi)	Durasi Uji (menit)	Penurunan Tekanan (%)	Kebocoran Visual	Kriteria API
<i>Low Pressure Test</i>	250	250	5	0	Tidak ada	Stabil ≥ 5 menit tanpa kebocoran (<i>API Std 53</i>)
<i>High Pressure Test</i>	1500	1500	5	0	Tidak ada	Stabil ≥ 5 menit tanpa kebocoran (<i>API Spec 16A</i>)

Tabel 1 menyajikan hasil dari pengujian *Low Pressure Test* dan *High Pressure Test* yang telah lulus uji, kestabilan garis selama 5 menit ini juga menunjukkan bahwa struktur annular preventer tetap solid dan tidak mengalami pelemahan material saat diberikan tekanan tinggi maupun tekanan rendah. Hal ini mengonfirmasi bahwa housing dan sealing area tidak mengalami retakan, kerusakan kecil, atau keausan yang dapat memengaruhi performa saat kondisi operasi sebenarnya.

Uji Fungsi (*Function Test Close Operation*)

Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk menilai performa sistem hidrolik dalam menggerakkan piston, serta memastikan elemen karet (*packing element*) mampu menutup dan membuka dengan sempurna tanpa kebocoran. Proses pengujian dilakukan setelah *pressure test* selesai dan sistem dinyatakan aman [12]. HCU tetap digunakan sebagai sumber tekanan untuk menggerakkan *annular preventer*. Fluida hidrolik dialirkan melalui *high-pressure hose* dari HCU ke ruang piston untuk menghasilkan gaya tekan terhadap elemen karet.

Berdasarkan standar API Standard 53, batas maksimum waktu penutupan untuk *annular preventer* adalah

- ≤ 30 detik untuk ukuran di bawah 18 $\frac{3}{4}$ inci,
- ≤ 45 detik untuk ukuran 18 $\frac{3}{4}$ inci ke atas.

Dengan demikian, untuk ukuran 13 5/8 inci, waktu penutupan yang diizinkan adalah maksimum 30 detik.

Kondisi Close

Proses penutupan (*close operation*) untuk menilai kemampuan elemen karet menutup rapat annulus. Tekanan dari HCU dinaikkan secara bertahap hingga piston menekan elemen karet dan menyebabkan elemen tersebut mengembang ke arah dalam, menutup celah antara pipa bor dan *body housing*.



Gambar 10. Kondisi Close Annular Preventer

Gambar 10 pada pengujian menunjukkan bahwa waktu penutupan annular tercatat 23 detik, yang masih berada dalam batas maksimum ≤ 30 detik sesuai ketentuan API Standard 53. Waktu penutupan yang berada dalam standar menunjukkan bahwa sistem hidrolik bekerja normal, piston dapat bergerak tanpa hambatan, dan respons penutupan cukup cepat untuk kebutuhan *well control*. Dengan demikian, hasil function test membuktikan bahwa annular preventer mampu menutup annulus secara efektif, memenuhi standar API, dan layak digunakan untuk operasi pemboran yang memerlukan keandalan tinggi dalam pengendalian tekanan sumur.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian langsung terhadap annular preventer 13 5/8 inci di Workshop PT Asrindo Citraseni Satria, dapat disimpulkan bahwa peralatan ini masih berada dalam kondisi operasi yang layak dan memenuhi persyaratan API Spec 16A serta API Standard 53. Hasil *function test* menunjukkan waktu penutupan sebesar 23 detik, masih berada di bawah batas maksimum 30 detik, sehingga membuktikan bahwa sistem hidrolik dan elemen karet bekerja dengan baik dalam menutup annulus secara merata.

Pada *low pressure test* di 250 psi, Barton Chart menampilkan garis yang stabil selama 5 menit penahanan tekanan, yang mengindikasikan tidak adanya kebocoran awal dan menunjukkan bahwa elemen karet serta sambungan hidrolik mampu menjaga integritas penyegelan pada tekanan rendah. Selanjutnya, pada *high pressure test* di 1500 psi, tidak ditemukan penurunan tekanan maupun kebocoran visual, dan grafik tekanan tetap stabil, sehingga menegaskan bahwa struktur annular preventer mampu menahan tekanan tinggi sesuai spesifikasi API Spec 16A.

Secara keseluruhan, hasil penelitian lapangan ini menunjukkan bahwa annular preventer 13 5/8 inci yang diuji memiliki performa penutupan yang baik, integritas tekanan yang terjaga pada kedua tahap pengujian, serta memenuhi standar keselamatan dan kinerja peralatan *well control*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *Annular Preventer* 13 5/8 inci telah memenuhi seluruh kriteria kelayakan teknis dan keselamatan serta siap dioperasikan kembali dalam kegiatan pemboran di Lapangan Minas, wilayah kerja Pertamina Hulu Rokan (PHR) Blok Rokan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bourgoyne, A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young, F. S. (2019). *Applied Drilling Engineering*. Society of Petroleum Engineers (SPE) Textbook Series, Vol. 2. Richardson, Texas.
- [2] R. D. Grace, *Blowout and Well Control Handbook*, 2nd ed., Houston: Gulf Professional Publishing, 2017.
- [3] American Petroleum Institute, *API Standard 53: Blowout Prevention Equipment Systems for Drilling Wells*, 5th ed., Washington, D.C., 2018.
- [4] PT Asrindo Citraseni Satria, "Prosedur Pengujian Tekanan Blowout Preventer," Laporan Internal Workshop BOP, Lapangan Minas, Riau, 2024.
- [5] American Petroleum Institute, *API Specification 16A: Specification for Drill-Through Equipment*, 4th ed., Washington, D.C., 2017.
- [6] Bell, T., Eby, D., Larrison, J., & Ranka, B. (2021). *Blowout Prevention (4th Edition)*. Petroleum Extension (PETEX), The University of Texas at Austin.
- [7] Husen, A., & Tanjung, R. (2021). "Analisis Uji Tekanan Blowout Preventer Berdasarkan API Standard 53 pada Sistem Pengendalian Sumur," *Jurnal Energi dan Teknologi Perminyakan*, Vol. 6, No. 2, pp. 45–53.
- [8] Rabia, H. (2002). *Well Engineering and Construction*. Entrac Consulting Ltd., London.
- [9] Goins, W. C., & Sheffield, R. (2018). *Practical Drilling Technology: Blowout Prevention Systems*. SPE Publishing, Houston.
- [10] Smith, M. (2020). *Well Control Procedures and Pressure Testing in Drilling Operations*. Wiley-Blackwell, New Jersey.
- [11] SPE International. (2019). "Annular BOP Performance and Elastomer Behavior Under High Pressure Conditions." *SPE Drilling & Completion Journal*.
- [12] Hussain, S., & Ahmed, R. (2018). "Hydraulic Performance Analysis of Annular Preventers in HPHT Wells." *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Elsevier.

Daftar Simbol

$\leq$ = kurang dari sama dengan