

Perancangan dan Realisasi Sistem Aktuator *Valve* Berbasis *Impact Drill* untuk Meningkatkan Efisiensi Pengoperasian Katup Manual Berukuran 20 Inchi

Ryanto Prawiro Negoro^a, Mudjijanto^{b*}, Ratna Dwi Rahayu^c

Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul Cepu Blora Jawa Tengah
^bmudjijantoswd@gmail.com

Diterima : 29-12-2025

- Direview : 30-12-2025

- Diterbitkan : 31-12-2025

Intisari

Dalam industri minyak dan gas, pengoperasian valve berukuran besar masih banyak dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu, tenaga, dan jumlah personel yang besar. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan ketidakefisienan operasional serta meningkatkan risiko keselamatan kerja, terutama pada kegiatan shutdown, start-up, dan preventive maintenance. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji sistem aktuator valve berbasis impact drill sebagai penggerak bantu yang bersifat ekonomis tanpa harus mengubah sistem menjadi otomatis penuh. Metode penelitian meliputi tahap perancangan adaptor mekanis, analisis kekuatan material, serta pengujian kinerja sistem dalam pengoperasian valve. Sistem aktuator menggunakan impact drill Makita dengan torsi maksimum 1.250 lb-in dan kecepatan rotasi 2.100 rpm yang dihubungkan dengan adaptor berbahan carbon steel S235 setebal 4 mm. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan geser maksimum yang terjadi sebesar ± 52 MPa, masih berada jauh di bawah batas luluh material sebesar 235 MPa, dengan faktor keamanan sekitar 4,5. Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa sistem mampu mempercepat waktu pengoperasian valve secara signifikan, dengan peningkatan efisiensi waktu rata-rata sebesar 53% dibandingkan pengoperasian manual, serta menurunkan beban kerja operator. Berdasarkan hasil tersebut, sistem aktuator valve berbasis impact drill dinilai efektif, aman, dan layak diterapkan pada industri minyak dan gas guna meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja.

Kata Kunci: Valve; Impact drill; Aktuator; Efisiensi waktu; Carbon steel S235

Abstract

In the oil and gas industry, the operation of large-sized valves is still predominantly performed manually, requiring considerable time, labor, and manpower. This condition often leads to operational inefficiencies and increases occupational safety risks, particularly during shutdown, start-up, and preventive maintenance activities. This study aims to design, develop, and evaluate an impact drill-based valve actuator system as an auxiliary driving solution that is economical and does not require conversion to a fully automated system. The research methodology includes mechanical adapter design, material strength analysis, and performance testing of the actuator system during valve operation. The system utilizes an impact drill Makita with a maximum torque of 1,250 lb-in and a rotational speed of 2,100 rpm, connected to a 4 mm-thick adapter made of S235 carbon steel. The mechanical analysis results indicate that the maximum shear stress reaches approximately ± 52 MPa, which remains well below the material yield strength of 235 MPa, resulting in a safety factor of about 4.5. Performance testing demonstrates that the proposed system significantly reduces valve operation time, achieving an average time efficiency improvement of 53% compared to manual operation, while also reducing operator workload. Based on these results, the impact drill-based valve actuator system is considered effective, safe, and feasible for implementation in the oil and gas industry to enhance operational efficiency and occupational safety.

Keywords: Valve; Impact drill; Actuator; Time efficiency; Carbon steel S235

1. Pendahuluan

Dalam industri minyak dan gas, sistem perpipaan memiliki peran strategis dalam mendistribusikan fluida, baik dalam bentuk cair maupun gas. Salah satu komponen utama dalam sistem perpipaan adalah katup (*valve*), yang berfungsi mengatur, mengendalikan, dan menghentikan aliran fluida sesuai dengan kebutuhan operasi. Pada praktiknya, pengoperasian katup berukuran besar masih banyak dilakukan secara manual. Kondisi ini memerlukan waktu, tenaga, serta jumlah personel yang relatif besar, sehingga berpotensi menimbulkan ketidakefisienan operasional, terutama pada saat *shutdown*, *start-up*, dan pelaksanaan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*).

Ketidakefisienan tersebut mendorong perlunya pengembangan solusi teknis berupa alat bantu pengoperasian katup yang lebih ergonomis, aman, dan efisien. Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji upaya peningkatan kinerja pengoperasian katup manual. (Anjiu and N, 2021) melakukan penelitian terkait perancangan dan pengujian kinerja alat pembuka katup manual berbasis mekanisme tuas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu mekanis mampu menurunkan beban kerja operator serta mempercepat waktu pengoperasian katup. Namun demikian, pendekatan ini masih mengandalkan tenaga manual dan memiliki keterbatasan dalam menghasilkan torsi besar secara konsisten.

Pengembangan pemanfaatan sumber penggerak mekanis portabel dikaji lebih lanjut oleh (Rosandi, Anwar. Anis, 2022)

melalui desain alat pemasangan dan pencopot *valve spring* menggunakan *impact driver*. Penelitian tersebut memanfaatkan *impact tool* sebagai penggerak utama dan menunjukkan peningkatan signifikan terhadap kecepatan kerja serta penurunan tingkat kelelahan operator. Temuan ini mengindikasikan potensi penggunaan *impact drill* sebagai aktuator mekanis portabel pada pekerjaan industri yang membutuhkan torsi tinggi dan efisiensi waktu.

Di sisi lain, pendekatan berbasis otomasi penuh dikaji oleh (Ilham, Muhamad. Sumirat, Twan. Mustopa, 2021) melalui perancangan *control valve* otomatis pada sistem *blowdown boiler*. Penelitian tersebut menekankan pentingnya pemilihan aktuator katup yang sesuai untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem industri. Selanjutnya, (Gunawan and Karlina, 2025) melalui analisis kinerja otomasi *vacuum pan* menggunakan *solenoid valve* menunjukkan bahwa karakteristik aktuator katup berpengaruh langsung terhadap stabilitas sistem dan efisiensi proses. Meskipun memberikan kontribusi penting secara teoritis, penerapan sistem otomasi penuh umumnya memerlukan biaya investasi tinggi, modifikasi sistem, serta kompleksitas teknis yang tidak selalu memungkinkan pada fasilitas industri eksisting.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat diidentifikasi bahwa masih terdapat kebutuhan akan solusi antara yang mampu meningkatkan efisiensi pengoperasian katup tanpa harus mengubah sistem menjadi otomatis sepenuhnya. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan rancangan sistem aktuator katup berbasis *impact drill* sebagai alat bantu mekanis untuk mempercepat proses buka-tutup katup manual berukuran besar. Sebagai sumber penggerak utama digunakan Makita XPH14 dengan torsi maksimum 141 N.m dan kecepatan putar hingga 2.100 rpm.

Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi waktu pengoperasian katup, mengurangi beban kerja operator, serta menjaga keselamatan dan keandalan sistem kerja. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi solusi aplikatif dan ekonomis bagi industri minyak dan gas, khususnya pada kegiatan operasi dan pemeliharaan yang masih mengandalkan pengoperasian katup secara manual.

2. Kerangka Teori

2.1 Katup (Valve) dalam Sistem Perpipaan Industri

Katup (*valve*) merupakan komponen utama dalam sistem perpipaan yang berfungsi untuk mengatur, mengendalikan, dan menghentikan aliran fluida sesuai dengan kebutuhan operasi industri. Pada industri minyak dan gas, katup dengan ukuran besar umumnya digunakan pada jalur utama distribusi fluida dan beroperasi pada tekanan serta debit yang tinggi. Salah satu jenis katup yang banyak digunakan adalah *gate valve* karena memiliki hambatan aliran yang relatif rendah ketika berada pada kondisi terbuka penuh.

Meskipun demikian, karakteristik *gate valve* mengharuskan adanya banyak putaran pada *handwheel* untuk mencapai kondisi terbuka atau tertutup sepenuhnya. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan torsi yang besar, khususnya pada katup berdiameter besar, sehingga pengoperasian secara manual menjadi tidak efisien dan berpotensi meningkatkan beban kerja operator. Pada penelitian ini digunakan *gate valve* berukuran 20 inci yang umum diaplikasikan pada fasilitas lapangan gas Jambaran–Tiung Biru, sehingga hasil

penelitian diharapkan memiliki relevansi langsung terhadap kondisi lapangan.



Gambar 1. Gate valve

2.2 Impact Drill sebagai Aktuator Semi-Mekanis

Impact drill merupakan peralatan listrik portabel yang bekerja berdasarkan kombinasi gerak rotasi dan pukulan berulang (*impact*) untuk menghasilkan torsi yang tinggi. Mekanisme *impact* memungkinkan peningkatan torsi secara signifikan tanpa memerlukan gaya tekan besar dari operator, sehingga cocok digunakan sebagai aktuator mekanis pada aplikasi lapangan.

Keunggulan utama *impact drill* meliputi kemampuan menghasilkan torsi besar, kecepatan putar tinggi, serta sifat portabel yang memudahkan mobilisasi dan penerapan pada sistem eksisting. Dalam penelitian ini digunakan Makita XPH14 sebagai sumber penggerak utama, dengan torsi maksimum 141 N.m dan frekuensi pukulan hingga 31.500 bpm. Pemilihan *impact drill* ini didasarkan pada kesesuaiannya dengan kebutuhan torsi pengoperasian *gate valve* berukuran besar tanpa harus mengubah sistem menjadi otomatis penuh, sebagaimana dibahas pada pendahuluan.



Gambar 2. Impact drill

2.3 Transmisi Torsi pada Sistem Aktuator Katup

Transmisi torsi dari *impact drill* ke *handwheel* katup dilakukan melalui komponen penghubung berupa *impact socket* dan adaptor berbahan baja karbon. Sistem transmisi ini berfungsi untuk meneruskan torsi dari aktuator ke poros katup secara efektif dan aman. Besarnya tegangan geser (τ) akibat torsi (T) pada adaptor dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad (1)$$

dengan momen inersia polar (J) dinyatakan sebagai:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_o^4 - D_i^4) \quad (2)$$

Perancangan dimensi adaptor dan pemilihan material harus mempertimbangkan nilai tegangan kerja yang dihasilkan agar tetap berada di bawah batas luluh material. Hal ini penting untuk mencegah kegagalan mekanis akibat beban torsi berulang yang bersifat dinamis selama proses buka-tutup katup.

2.4 Faktor Keamanan (Safety Factor)

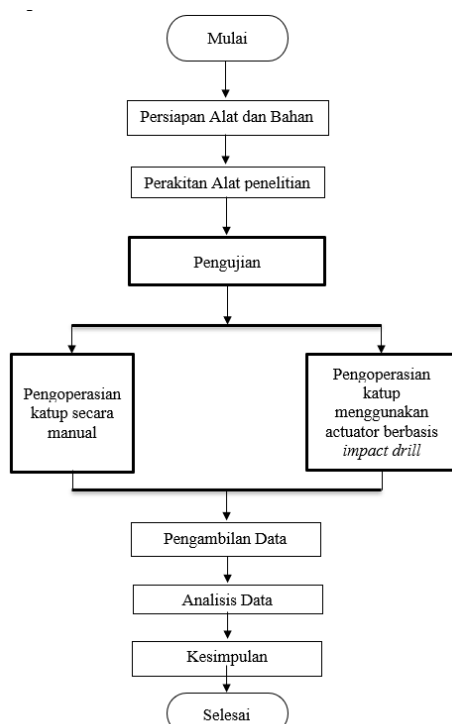
Faktor keamanan (*safety factor*) digunakan untuk memastikan bahwa sistem aktuator katup yang dirancang memiliki tingkat keandalan dan keselamatan yang memadai. Faktor keamanan dihitung sebagai perbandingan antara tegangan luluh material (σ_{yield}) dan tegangan aktual yang bekerja (σ_{aktual}), yang dinyatakan dengan persamaan:

$$FS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{aktual}} \quad (3)$$

Pada sistem dengan beban dinamis dan kondisi operasi lapangan, nilai faktor keamanan yang disarankan adalah lebih besar dari 2. Penerapan faktor keamanan ini bertujuan untuk menjamin bahwa sistem transmisi torsi mampu beroperasi secara aman dan berkelanjutan, sejalan dengan tujuan penelitian untuk meningkatkan efisiensi sekaligus menjaga keselamatan kerja operator di industri minyak dan gas.

3. Metodologi

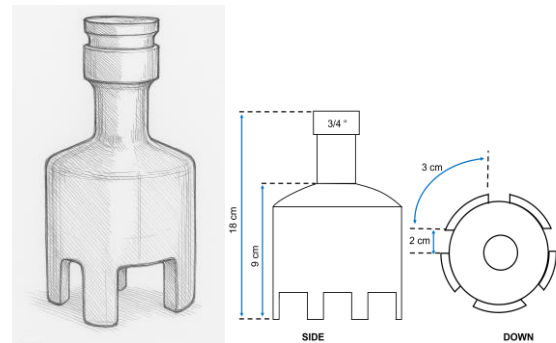
Penelitian dilakukan di Lapangan Jambaran Tiung Biru, Bojonegoro. Tahapan penelitian sesuai dengan diagram alir penelitian dibawah



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3.1 Perancangan Sistem

Mendesain adaptor dari pipa baja karbon S235 dengan ketebalan 4 mm sebagai penghubung antara *impact drill* dan *handwheel valve*.



Gambar 2. Desain dan ukuran adaptor

3.2 Pembuatan dan Perakitan

Proses fabrikasi adaptor dilakukan dengan metode pemotongan, pengelasan, dan perakitan *socket impact 3/4 inch*.



Gambar 3. Proses pembuatan adaptor

3.3 Pengujian

Pengujian dilakukan pada *gate valve* 20 inchi untuk membandingkan waktu pengoperasian secara manual dan menggunakan sistem *impact drill*.



Gambar 4. Pengoperasian valve secara manual dan menggunakan aktuator berbasis *impact drill*

3.4 Analisis

Dilakukan perhitungan efisiensi waktu serta analisis kekuatan bahan berdasarkan torsi dan tegangan geser maksimum.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Desain Sistem

Sistem aktuator yang dikembangkan pada penelitian ini terdiri atas impact drill, impact socket, dan adaptor berbahan baja karbon yang berfungsi sebagai media transmisi torsi dari motor penggerak ke batang valve. Rangkaian sistem dirancang agar kompatibel dengan valve berukuran besar yang umum digunakan pada fasilitas industri minyak dan gas.

Adaptor baja karbon dirancang dengan mempertimbangkan kemampuan menyalurkan torsi maksimum sebesar 141 N·m tanpa mengalami deformasi plastis. Pemilihan material baja karbon didasarkan pada kombinasi kekuatan mekanik, ketahanan terhadap beban puntir, serta kemudahan fabrikasi. Secara keseluruhan, desain sistem ditujukan untuk memastikan transfer torsi yang stabil, aman, dan efisien selama proses buka–tutup valve. Rangkaian aktuator berbasis impact drill ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 5. Rangkaian aktuator berbasis *impact drill*

4.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk membandingkan kinerja pengoperasian valve menggunakan metode manual dan metode berbasis *impact drill*. Parameter utama yang diamati adalah waktu yang dibutuhkan untuk proses buka–tutup valve, dengan masing-masing metode diuji sebanyak tiga kali untuk memperoleh nilai yang representatif.

Table 1. Hasil perbandingan waktu pengoperasian *valve*

Metode Operasi	Sampel 1 (menit)	Sampel 2 (menit)	Sampel 3 (menit)	Rata-rata Waktu Buka/Tutup (menit)
Manual	19	21	20	20
Impact Drill	10	10	9	9,7

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 3, metode manual membutuhkan waktu rata-rata 20 menit untuk satu siklus buka–tutup valve. Sebaliknya, penggunaan *impact drill* mampu menurunkan waktu operasi secara signifikan menjadi rata-rata 9,7 menit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem aktuator yang dikembangkan mampu meningkatkan kecepatan operasional hampir dua kali lipat dibandingkan metode konvensional.

Analisis efisiensi waktu yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa selisih waktu operasi (ΔT) antara metode manual dan *impact drill* berada pada rentang 9–11 menit. Persentase efisiensi waktu yang diperoleh berkisar antara 51,58% hingga 55%, dengan nilai rata-rata sebesar 53%.

Table 2. Hasil perhitungan efisiensi waktu operasi

No	Waktu Manual (menit)	Waktu Impact Drill (menit)	Selisih ΔT	Efisiensi Waktu %
1	19	10	9	51.58
2	21	10	11	52.38
3	20	9	11	55
Rata-rata	20	9.7	11.3	53

Peningkatan efisiensi ini terjadi karena *impact drill* mampu menghasilkan torsi yang konstan dan cukup besar, sehingga mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia serta meminimalkan kelelahan operator. Selain itu, kestabilan putaran dan impuls torsi dari *impact drill* mempercepat proses rotasi batang valve, terutama pada kondisi valve yang memiliki hambatan mekanis tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *impact drill* sebagai aktuator valve tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu operasional, tetapi juga berpotensi meningkatkan aspek keselamatan kerja dan produktivitas di lapangan. Temuan ini relevan untuk diterapkan pada kegiatan operasional dan pemeliharaan valve di sektor industri, khususnya pada fasilitas minyak dan gas yang membutuhkan pengoperasian valve berukuran besar secara rutin.

4.3 Analisis Kekuatan Adaptor

Analisis kekuatan adaptor dilakukan untuk memastikan bahwa komponen mampu menyalurkan torsi maksimum dari *impact drill* ke valve tanpa mengalami kegagalan mekanik. Perhitungan difokuskan pada tegangan geser akibat beban puntir yang bekerja pada adaptor berbentuk pipa silinder berongga.

4.3.1 Data dan Parameter Perhitungan

Berdasarkan spesifikasi desain dan kondisi operasi, parameter yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

- Torsi maksimum, $T = 141 \text{ N}\cdot\text{m}$
- Diameter luar adaptor, $D_o = 25,4 \text{ mm}$ (1 inch) = 0,0254 m
- Ketebalan pipa, $t = 4 \text{ mm} = 0,004 \text{ m}$
- Diameter dalam adaptor, $D_i = D_o - 2t = 0,0174 \text{ m}$

4.3.2 Perhitungan Momen Inersia Polar

Momen inersia polar penampang adaptor dihitung menggunakan persamaan 2 dengan bentuk silinder berongga, dengan memasukkan nilai diameter luar dan diameter dalam, diperoleh:

$$J = \frac{\pi}{32} [(0.0254)^4 - (0.0174)^4] = 3.44 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Nilai momen inersia polar ini menunjukkan kemampuan penampang adaptor dalam menahan beban puntir yang bekerja.

4.3.3 Perhitungan Tegangan Geser Maksimum

Tegangan geser maksimum akibat torsi dihitung menggunakan persamaan 1 dengan r adalah jari-jari luar adaptor, yaitu:

$$r = \frac{D_o}{2} = 0,0127 \text{ m}$$

Sehingga tegangan geser maksimum yang terjadi adalah:

$$\tau = \frac{141 \times 0.0127}{3.44 \times 10^{-8}} = 52.0 \text{ MPa}$$

4.3.4 Faktor Keamanan

Faktor keamanan (Safety Factor, SF) ditentukan dengan membandingkan tegangan luluh material baja karbon terhadap tegangan geser yang terjadi. Dengan asumsi tegangan luluh material sebesar 235 MPa, faktor keamanan dapat dihitung sebagai berikut:

$$FS = \frac{235}{52} = 4.5$$

Nilai faktor keamanan sebesar 4,5 menunjukkan bahwa adaptor memiliki margin keamanan yang cukup tinggi terhadap beban puntir yang bekerja. Nilai ini berada di atas batas minimum yang umum direkomendasikan untuk komponen mekanik yang menerima beban dinamis dan kejutan, seperti pada pengoperasian impact drill.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa desain adaptor yang digunakan dalam penelitian ini sangat aman untuk menyalurkan torsi maksimum selama proses buka–tutup valve, serta memiliki ketahanan yang memadai terhadap risiko deformasi maupun kegagalan struktural. 4.4

5. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem aktuator *valve* berbasis *impact drill* mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengoperasian katup manual berukuran 20 *inchi*. Melalui penerapan *impact drill* sebagai penggerak utama, waktu buka dan tutup *valve* dapat dipangkas hingga lebih dari 50% dibandingkan metode manual, sehingga pekerjaan operator menjadi lebih ringan, cepat, dan aman. Hasil analisis kekuatan material menunjukkan bahwa adaptor yang terbuat dari baja karbon S235 dengan ketebalan 4 mm memiliki tegangan geser maksimum sebesar 49,1 MPa dengan faktor keamanan sebesar 4,78 terhadap beban torsi maksimum *impact drill* sebesar 141 N·m. Hal ini membuktikan bahwa material dan rancangan adaptor yang digunakan masih berada dalam batas aman dan mampu menahan beban dinamis selama pengoperasian. Secara keseluruhan, sistem ini dinilai efektif, ekonomis, dan portabel untuk diterapkan di lingkungan industri minyak dan gas, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem *semi-otomatis* yang dilengkapi kontrol torsi dan sensor posisi untuk meningkatkan kinerja serta keandalan operasional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada STTR Ronggolawe Cepu atas dukungan fasilitas dan kesempatan yang diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi dalam penyusunan penelitian ini. Selain itu, apresiasi ditujukan kepada tim lapangan dan rekan-rekan di area operasi Jambaran Tiung Biru yang telah membantu dalam proses pengambilan data serta pelaksanaan pengujian sistem aktuator *valve* berbasis *impact drill*. Dukungan dan kerjasama

dari berbagai pihak telah berperan besar dalam terselesaikannya penelitian ini dengan baik.

Daftar Pustaka

- Anjiu, L.D. and N, I.F.B. (2021) 'Rancang Bangun dan Uji Performansi Alat Pembuka Katup Menggunakan Mekanisme Tuas', *Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(2), pp. 45–52.
- Gunawan, D.A. and Karlina, D.L. (2025) 'Analysis of Vacuum Pan Automation Performance Using So- lenoid Valve at PT . Duta Sugar International', *International Journal of Mechanical, Electrical and Civil Engineering*, 2(4), pp. 203–212.
- Ilham, Muhamad. Sumirat, Twan. Mustopa, O. (2021) 'PERANCANGAN CONTROL VALVE OTOMATIS SISTEM BLOWDOWN', *JuTEKS*, 8(1), pp. 19–27.
- Rosandi, Anwar. Anis, S.D.T.A. (2022) 'Desain Alat Pemasang dan Pencopot Valve Spring Sederhana dengan Menggunakan Tekanan dari Impact Driver', *Jurnal Inovasi Mesin*, 4(2), pp. 1–9.