

LAPORAN TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Mesin Kompresor Angin Portabel Menggunakan Kompresor Kulkas Untuk Aplikasi *Spray* *Gun.*



Oleh :

Hafis Dwi Isnanto (2323010001)

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NUSANTAR PGRI KEDIRI**

2026

Tugas Akhir Oleh:

Hafis Dwi Isnanto

NPM: 23.23.04.0001

Judul:

**Rancang Bangun Mesin Kompresor Angin Portabel
Menggunakan Kompresor Kulkas Untuk Aplikasi *Spray Gun*.**

Telah disetujui untuk di ajukan kepada panitia Ujian/Sidang Tugas Akhir
Program Studi Diploma 3 Teknik Industri FTIK UN PGRI Kediri.

Tanggal: 15 Juli 2026

Pembimbing I



Hisbulloh Ahlis Munawi, S.E, M.T.
NIDN.0716108101

Pembimbing II



Ary Permatadenv Nevita, ST., SE., M.M.
NIDN.0704127901

Tugas Akhir Oleh

Hafis Dwi Isnanto
NPM: 23.23.04.0001

Judul:

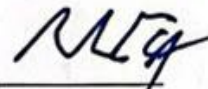
**Rancang Bangun Mesin Kompresor Angin Portabel
Menggunakan Kompresor Kulkas Untuk Aplikasi *Spray Gun*.**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Tugas Akhir
Program Studi Diploma 3 Teknik Industri FTIK UN PGRI Kediri.
Pada Tanggal: 15 juli 2026

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji:

1. Ketua : Hisbulloh Ahlis Munawi, S.E, M.T.
2. Penguji I : Rachmad Santoso, S.T., M.MT
3. Penguji II : Ary Permatadeny Nevita, S.T., S.E., M.M.



Mengetahui,
Dekan FTIK



Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Hafis Dwi Isnanto
Jenis kelamin : Laki-laki
Tempat/tanggal lahir : Nganjuk/ 29 Desember 2003
NPM : 23.23.04.0001
Fakultas/Prodi : FTIK/Prodi D-III Teknik Industri

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir ini dapat tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar diploma di industri lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis mengacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 15 Juli 2026



Hafis Dwi Isnanto
NPM: 23.23.04.0001

MOTTO

“Allah memang tidak menjanjikan bahwa jalanmu akan selalu lapang, tapi Allah menjanjikan jalan keluar bagi mereka yang bertakwa: Wa man yattaqillaaha yaj'al lahu makhrojaa.”

(QS. At-Talaq: 2-3)

"Aku lahir dengan mempertaruhkan napas ibuku, maka kehadiranku di dunia ini adalah sebuah kesaksian bahwa aku memiliki makna yang begitu besar. Tuhan tidak mungkin membiarkan pengorbanan sebesar itu berakhir tanpa tujuan."

(Penulis)

Karya ini kupersembahkan untuk:

Karya ini kupersembahkan kepada keluarga dan semua yang telah memberikan dukungan, doa, serta semangat.

ABSTRAK

Hafis Dwi Isnanto: Rancang Bangun Mesin Kompresor Angin Portabel Menggunakan Kompresor Kulkas Bekas Untuk Aplikasi *Spray Gun*, Tugas Akhir, D-III Teknik Industri, FTIK, UN PGRI Kediri, 2026

Kata Kunci: Kompresor Portabel, Kompresor Kulkas, Teknologi Tepat Guna, Efisiensi Biaya, UMKM.

Meningkatnya volume limbah elektronik, khususnya unit kompresor dari kulkas bekas, menjadi latar belakang penting untuk mencari solusi pemanfaatan kembali material tersebut guna mendukung gerakan pengurangan limbah lingkungan dan menyediakan strategi bisnis yang solutif bagi UMKM. Penelitian ini bertujuan untuk mengonstruksi sebuah purwarupa kompresor angin portabel yang ringkas, berbiaya rendah, dan memiliki performa andal untuk mendukung aktivitas pengecatan (*spray gun*) pada skala UMKM melalui pendekatan perancangan sistem pneumatik, proses fabrikasi, serta evaluasi teknis dan ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk mengonstruksi sebuah purwarupa kompresor angin portabel yang ringkas, berbiaya rendah, dan memiliki performa andal untuk mendukung aktivitas pengecatan (*spray gun*) pada skala UMKM. Pendekatan yang digunakan dalam studi ini melibatkan perancangan sistem pneumatik, proses fabrikasi, serta evaluasi teknis dan ekonomi. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu beroperasi pada tekanan 4 hingga 6,2 Bar dengan durasi pengisian daya rata-rata selama 13 menit 13 detik. Keberadaan sistem filtrasi *water separator* dan *pressure switch* terbukti secara efektif menjamin kualitas udara yang kering serta kestabilan tekanan. Secara finansial, purwarupa ini memberikan efisiensi investasi yang signifikan, yakni penghematan modal sebesar 36,42% dengan biaya fabrikasi hanya Rp 625.000,00 dibandingkan kompresor pabrikan seharga Rp 983.000,00, ditambah dengan konsumsi daya listrik yang lebih efisien (± 146 Watt). Respon positif dari pengguna melalui survei kepuasan dengan nilai 91,75% mengonfirmasi bahwa alat ini sangat aplikatif. Kesimpulannya, inovasi berbasis teknologi tepat guna ini berhasil membuktikan bahwa pemanfaatan komponen bekas melalui rekayasa nilai merupakan strategi bisnis yang solutif bagi UMKM sekaligus mendukung gerakan pengurangan limbah lingkungan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Mesin Kompresor Angin Portabel Menggunakan Kompresor Kulkas Bekas Untuk Aplikasi *Spray Gun*”** dengan baik. Penulis ingin menyampaikan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu, membimbing, dan memberikan dukungan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Zaenal Afandi, M. Pd selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Bapak Dr. Sulistiono, M. Si selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri
3. Bapak Rachmad Santoso, S.T., M.MT selaku Kaprodi Teknik Industri
4. Bapak Hisbulloh Ahlis Munawi, S.E, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Ary Permatadeny Nevita, S.T., S.E., M.M. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Industri telah memberikan ilmu, arahan, dan pengalaman berharga kepada penulis selama menjalani perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih mempunyai kekurangan dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat.

Kediri,2026

Hafis Dwi Isnanto

NPM: 23.23.04.0001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
Tugas Akhir Oleh:.....	iii
Tugas Akhir Oleh.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II.....	6
KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Kajian Penelitian Terdahulu.....	6
B. Landasan Teori.....	9
C. Kerangka Berpikir.....	17
BAB III	21
METODE PENELITIAN.....	21
A. Model/ Pendekatan Pengembangan	21
B. Prosedur Pengembangan / Perancangan	21
C. Desain Pengembangan	25
D. Tempat Dan Waktu Pengembangan.....	32
E. Instrumen Penelitian.....	33
F. Teknik Pengumpulan Data.....	35
G. Teknik Analisis Data.....	38
H. Metode, Uji Coba, Dan Validasi Produk	39
1. Metode	39
2. Uji Coba	40
3. Validasi Produk.....	41
BAB IV	42

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
A. Data Produk Hasil Pengembangan.....	42
B. Data Uji Coba.....	46
C. Analisis Data	53
D. Revisi Produk.....	57
E. Kajian Produk Akhir (Analisis Kelayakan Ekonomi).....	58
BAB V.....	67
PENUTUP	67
A. Simpulan	67
B. Saran.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Berfikir.....	18
Gambar 3. 1 Desain Kondisi Awal Sebelum Dikembangkan.....	26
Gambar 3. 2 Desain Pengembangan	27
Gambar 3. 3 Kompresor Kulkas	28
Gambar 3. 4 Tabung Modifikasi	28
Gambar 3. 5 Pressure Switch & Gauge.....	29
Gambar 3. 6 Safety Valve	30
Gambar 3. 7 Water Separator	30
Gambar 3. 8 Aliran Fluida udara.....	32
Gambar 4. 1 Kompresor Angin Dari Kompresor Kulkas.....	42
Gambar 4. 2 Desain Pengembangan	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 kajian Penelitian terdahulu	6
Tabel 2. 2 Dasar Pengujian	15
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian	46
Tabel 4. 2 Tabel Kriteria integritas sturktural (Leakage Test).....	49
Tabel 4. 3 Pengujian Leakage Test.....	50
Tabel 4. 4 Analisis Pengaturan Pressure Switch pada Kompresor	54
Tabel 4. 5 Perbandingan Performa Tekanan Sistem.....	55
Tabel 4. 6 Komponen dan Spesifikasi.....	56
Tabel 4. 7 Analisis Perbandingan Biaya.....	60
Tabel 4. 8 Perbandingan Performa dan Efisiensi Ekonomi.....	62
Tabel 4. 9 Hasil Kuesioner Uji Kelayakan Mesin Pencacah.....	64
Tabel 4. 10 Kriteria Interpretasi Kelayakan Produk.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia menghadapi tantangan lingkungan yang serius akibat peningkatan volume sampah elektronik (*e-waste*) yang bersumber dari konsumsi produk rumah tangga yang masif. Penumpukan limbah ini menuntut adanya pengelolaan yang inovatif agar komponen mekanis, seperti kompresor pada mesin pendingin bekas, dapat dialihfungsikan menjadi alat yang bernilai guna tinggi. Secara teknis, kompresor berfungsi untuk memampatkan fluida gas menjadi udara bertekanan yang krusial bagi berbagai kebutuhan industri, mulai dari pengecatan *spray gun* hingga pemeliharaan kendaraan. Namun, dominasi kompresor pabrikan di pasar saat ini menghadirkan dua kendala utama harga investasi yang relatif tinggi serta ketergantungan mutlak pada suku cadang eksklusif dari produsen (Alwie et al. 2020). Ketergantungan ini sering kali menyulitkan pengguna dalam melakukan pemeliharaan mandiri. Oleh karena itu, perancangan kompresor angin berbasis komponen bekas menjadi solusi teknologi tepat guna yang efektif, ekonomis, serta mampu memberikan kemandirian bagi pelaku UMKM dalam menjalankan operasional usaha. Kompresor buatan pabrik juga memiliki kelemahan yaitu jika ada kerusakan pada kompresor tersebut kita akan kesulitan dalam perbaikan karena bergantung pada ketersediaan suku cadang yang di buatkan oleh pabrik dan harganya juga relatif mahal (Kurniawan and Mulyadi 2024). Untuk itu penulis membuat kompresor dengan harga terjangkau yang dapat di buat dari peralatan atau bahan-bahan yang mudah di dapatkan.

Kompresor kulkas atau *hermetic compressor* memiliki karakteristik yang unik, yaitu mampu menghasilkan tekanan yang cukup tinggi dengan tingkat kebisingan yang sangat rendah dibandingkan kompresor piston tipe *belt-driven* atau *direct-driven* konvensional. Pemanfaatan limbah kompresor kulkas tidak hanya bernilai ekonomis, tetapi juga mendukung konsep *green manufacturing*

dengan melakukan re-use komponen elektronika yang masih berfungsi baik(Saputra and al. 2020).

Dalam industri manufaktur dan perbengkelan skala kecil, kompresor udara merupakan perangkat vital yang digunakan untuk berbagai aplikasi, salah satunya adalah proses pengecatan menggunakan *spray gun*. Namun, harga kompresor udara pabrikan yang relatif mahal dan tingkat kebisingan yang tinggi seringkali menjadi kendala bagi pelaku usaha mikro serta hobiis. Penggunaan teknologi tepat guna melalui modifikasi komponen bekas menjadi alternatif solusi untuk menekan biaya produksi tanpa menghilangkan fungsi utama alat tersebut (Prasetyo and Nugroho 2021).

Efisiensi kerja *spray gun* sangat bergantung pada kestabilan tekanan udara yang disuplai oleh kompresor. Tekanan yang tidak stabil dapat mengakibatkan hasil pengecatan yang tidak merata atau terjadinya *orange peel effect* pada permukaan benda kerja. Oleh karena itu, rancang bangun ini memerlukan sistem integrasi antara kompresor kulkas, tangki penampung udara (*air receiver tank*), serta sistem kendali tekanan otomatis seperti *pressure switch* untuk menjaga performa keluaran udara(Hidayat and Santoso 2022).

Standarisasi hasil akhir merupakan tuntutan yang tidak bisa ditawar dalam dunia industri. Kualitas pengecatan yang dihasilkan oleh mesin modifikasi ini harus mampu bersaing dengan alat konvensional. Hal ini mencakup kebersihan udara dari kontaminasi oli dan uap air melalui sistem filtrasi yang tepat. Integrasi *water separator* dalam rancang bangun ini menjadi wajib untuk menjamin bahwa udara yang disuplai ke *spray gun* dalam kondisi kering dan bersih(Fauzi and al. 2021). Dengan menggabungkan elemen teknis, ekonomis, dan lingkungan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi komprehensif bagi kebutuhan alat produksi yang murah namun tetap memenuhi standar performa industri.

Dari perspektif Teknik Industri, perancangan mesin ini harus memperhatikan aspek ergonomi, keamanan operasional, dan analisis biaya. Mesin yang dirancang secara mandiri harus dipastikan aman dari risiko ledakan tangki dengan menyertakan *safety valve* dan melalui pengujian kebocoran yang ketat. Standarisasi komponen dan kemudahan perawatan menjadi fokus utama agar

alat ini dapat direplikasi oleh masyarakat luas dengan biaya yang terjangkau(Wibowo 2019).

Sebagai alternatif, pemanfaatan kompresor kulkas (*hermetic compressor*) bekas menawarkan solusi teknologi tepat guna yang ekonomis dan mendukung konsep *green manufacturing*. Kompresor kulkas memiliki karakteristik unik berupa tingkat kebisingan yang sangat rendah dan konsumsi daya yang efisien, yakni di bawah 200 Watt. Namun, penggunaan kompresor modifikasi untuk aplikasi *spray gun* menuntut kestabilan tekanan udara yang ketat; tekanan yang tidak stabil dapat menyebabkan cacat pengecatan seperti *orange peel effect*(Ramadhan and Wijaya 2023).

Kebutuhan akan kompresor bertekanan sangat krusial dalam mendukung produktivitas sektor industri rumahan, seperti bengkel dan jasa pengecatan. Namun, tingginya harga kompresor pabrikan sering kali menjadi hambatan bagi pelaku usaha kecil dan menengah. Sebagai solusi, pemanfaatan kompresor kulkas bekas menjadi langkah strategis yang sangat bernilai ekonomis. Melalui rekayasa teknologi tepat guna, komponen limbah elektronik ini dapat dimodifikasi menjadi sistem kompresi udara yang andal dengan biaya produksi yang jauh lebih terjangkau, namun tetap memiliki performa yang setara dengan alat pabrikan.

Proses pembuatan kompresor dilakukan dengan memodifikasi beberapa material, seperti tabung yang digunakan untuk tangki angin. Kompresor pendingin memompa angin yang di alirkan ke tangki. Cara memasukan udara tekanan tinggi itu berbeda-beda namun secara umum kompresor berfungsi sebagai penyedia udara bertekanan tinggi.

Oleh karena itu, rancang bangun ini difokuskan pada integrasi kompresor kulkas dengan komponen pendukung seperti tangki penampung udara (*air receiver tank*) dari tabung, sistem kendali otomatis (*pressure switch*), serta sistem filtrasi udara (*water separator*). Dari perspektif Teknik Industri, perancangan ini tidak hanya mengedepankan aspek fungsional, tetapi juga memperhatikan aspek keamanan operasional melalui *safety valve*, serta analisis efisiensi biaya agar dapat direplikasi oleh pelaku UMKM dengan biaya terjangkau. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian Tugas Akhir ini mengambil

judul “**Rancang Bangun Mesin Kompresor Angin Portabel Menggunakan Kompresor Kulkas Bekas Untuk Aplikasi *Spray Gun***”.

B. Batasan Masalah

1. Rancang bangun ini dibatasi pada integrasi sistem komponen pendukung meliputi tangki penampung udara (*air receiver tank*), sistem kendali otomatis (*pressure switch*), serta sistem filtrasi udara (*water separator*) untuk menjamin kebersihan udara.
2. Batasan pengujian performa teknis mencakup pengukuran durasi pengisian tangki (*charging time*), tekanan kerja maksimal yang dicapai, kestabilan tekanan aliran udara.
3. Analisis kelayakan ekonomi dibatasi pada studi komparatif biaya pembuatan purwarupa dibandingkan dengan harga beli kompresor pabrikan standar yang tersedia di pasaran untuk skala UMKM.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem kompresor angin portabel menggunakan kompresor kulkas?
2. Berapa performa teknis alat (tekanan maksimal, *charging time*, dan kestabilan tekanan) saat dioperasikan untuk beban kerja *spray gun*?
3. Bagaimana kelayakan ekonomi dan teknis alat ini jika dibandingkan dengan kompresor pabrikan standar untuk skala UMKM?

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun prototipe kompresor angin portabel menggunakan kompresor kulkas.
2. Menganalisis karakteristik kinerja mesin yang meliputi waktu pengisian tabung (*charging time*) dan kestabilan tekanan saat dioperasikan pada beban kerja *spray gun*.

3. Menganalisis kelayakan ekonomi dan teknis kompresor angin portabel hasil rancangan melalui studi komparatif dengan kompresor pabrikan standar untuk skala UMKM.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat:

1. Teoritis: Sebagai penerapan konsep perancangan sistem, analisis biaya dalam Teknik Industri.
2. Praktis: Memberikan alternatif kompresor angin murah dan fungsional untuk bengkel kecil.
3. Lingkungan: Mendukung konsep pemanfaatan kembali limbah elektronik.
4. Industri kecil: Meningkatkan efisiensi investasi biaya peralatan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Adi Bagus Prasetyo, Roni Andespa, Politeknik Negeri Lhokseumawe, and Kata Pengantar. 2020. "Tugas Akhir Tugas Akhir." *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201* 2(1):41–49.
- Fauzi, A., and et al. 2021. "Optimalisasi Sistem Filtrasi Pada Kompresor Udara Rakitan Untuk Aplikasi Pengecatan Otomotif." *Jurnal Teknik Industri Terapan* 4(2):112–19.
- Hidayat, R., and B. Santoso. 2022. "Analisis Tekanan Udara Pada Sistem Pengecatan Spray Gun Untuk Skala IKM." *Jurnal Teknik Mesin Indonesia* 15(2):45–52.
- Kurniawan, Bagus, and Mulyadi. 2024. "Maximizing Workshop Efficiency Reusing Old Compressors Globally." *Indonesian Journal of Innovation Studies* 25(3):1–10. doi: 10.21070/ijins.v25i3.1154.
- Prasetyo, A., and S. Nugroho. 2021. "Rancang Bangun Teknologi Tepat Guna Berbasis Limbah Elektronika." *Jurnal Inovasi Industri* 8(1):12–20.
- Ramadhan, M., and K. Wijaya. 2023. "Analisis Konsumsi Energi Dan Efisiensi Waktu Pengisian Kompresor Hermetik Pada Tekanan 8 Bar." *Jurnal Energi Dan Manufaktur* 16(1):34–40.
- Saputra, D., and et al. 2020. "Uji Performa Kompresor Hermetik Bekas Sebagai Penggerak Alat Pneumatik Sederhana." *Jurnal Riset Teknologi* 4(3):101–9.
- Wibowo, T. 2019. "Aspek Ergonomi Dan Keselamatan Kerja Dalam Perancangan Mesin Industri Kecil." *Jurnal Teknik Industri* 10(2):88–95.
- Kaewsaeng-on, R., & Mehmood, S. (2024). Circular Economy and Value Engineering in Small-Scale Equipment Design. *Journal of Cleaner Production*, 410, 137210.
- Kurniadi, D., & Khumaidi, A. (2024). Pemanfaatan Kompresor Kulkas Bekas Sebagai Sumber Tekanan Udara Portabel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(2), 85–92.
- Rahmah, S., et al. (2026). Strategic Maintenance and Cost Efficiency in Micro, Small, and Medium Enterprises. *Journal of Operational Management and Business*, 14(1), 33–45.
- Romiyadi. (2025). Strategi Perawatan Peralatan Produksi untuk Keberlanjutan Operasional UMKM. *Jurnal Manajemen dan Teknik Industri*, 12(1), 55–64.

- Pratama, R., & Gunawan, H. (2025). Efisiensi Penggunaan Kompresor Torak Terhadap Konsumsi Daya Listrik pada Bengkel Otomotif Skala Kecil. *Jurnal Teknik Mesin dan Elektro*, 14(2), 112–120.
- Susanto, B., & Lestari, P. (2024). Perancangan Sistem Pneumatik Sederhana Berbasis Kompresor Bekas Lemari Es untuk Peningkatan Produktivitas UMKM. *Jurnal Rekayasa dan Inovasi Tepat Guna*, 7(1), 45–53.
- Wardana, Y., & Santoso, D. (2023). Analisis Laju Aliran Udara dan Tekanan Kerja pada Modifikasi Kompresor Portabel. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(3), 201–209.
- Sopian, K., et al. (2020). Performance analysis of a small-scale compressor system for pneumatic applications. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 72(1), 120–130. <https://doi.org/10.37934/arfmts.72.1.120130>
- Rahman, M. A., & Al-Amri, A. (2022). Energy efficiency and performance evaluation of hermetic compressors in refrigeration and small pneumatic systems. *Energy Conversion and Management: X*, 14, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100215>
- Prasetyo, B., et al. (2023). Design and testing of a portable air compressor powered by recycled components for small and medium enterprises. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 35(4), 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.04.003>
- Wibowo, A., & Nugroho, S. (2021). Optimization of pressure regulation in spray painting pneumatic tools for micro industries. *Heliyon*, 7(8), e07812. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07812>
- Santoso, B., et al. (2022). Experimental study on the volumetric efficiency of modified reciprocating compressors. *Case Studies in Thermal Engineering*, 35, 102115. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102115>
- Kurniawan, D., & Wijaya, M. (2023). Performance evaluation of portable pneumatic systems using hermetic compressors for small workshop applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1267(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1267/1/012015>
- Al-Bugharbee, H., & Lees, P. (2021). A comprehensive review of condition monitoring and fault diagnosis in reciprocating compressors. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 152, 107471. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107471>
- Hidayat, R., et al. (2024). Energy consumption analysis of compressed air systems in small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140120. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140120>

- Pratama, A., & Nugroho, Y. (2023). Optimization of air receiver tank capacity for stable pneumatic tool operations. *Alexandria Engineering Journal*, 78, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.07.035>
- Esposito, Anthony. (2000). *Fluid Power with Applications* (5th Edition). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall. (*Acuan teoretis parameter kerja sistem pneumatik dan komponen aktuator*).
- ISO 4414. *Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components*. International Organization for Standardization (ISO). (*Acuan standar operasional dan keselamatan sistem pneumatik*).
- Festo Didactic. (2012). *Basic Level Pneumatics: Textbook*. Esslingen, Germany: Festo AG & Co. KG. (*Acuan umum batas tekanan kerja normal dan pemeliharaan komponen pneumatik*).