

Desain Tangki Klakson pada Mobil untuk Penyimpanan Udara Bertekanan 8 bar

Horn Tank Design on a Car for 8-bar Pressurized Air Storage

Reynaldi Samosir¹, Jufrizal^{1*}, Zainal Arif²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan 20223, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Samudra, Langsa 24416, Indonesia

*Corresponding author: jufrizal@staff.uma.ac.id

Diterima: 09-05-2025

Disetujui: 18-07-2025

Dipublikasikan: 19-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Tangki udara merupakan komponen penting pada sistem klakson mobil pneumatik untuk menyimpan udara bertekanan. Sebagian besar penelitian bejana tekan berfokus pada tekanan tinggi untuk industri, sementara kajian tangki bertekanan rendah pada otomotif masih terbatas, khususnya yang merujuk standar ASME Section VIII Division 1. Penelitian ini merancang tangki udara silinder horizontal dengan pendekatan silinder berdinding tipis menggunakan pelat baja (tegangan luluh 250 MPa, faktor keamanan 4). Hasil analisis menunjukkan ketebalan minimum dinding 1,18 mm, sedangkan ketebalan aktual 3 mm memberi margin keamanan tambahan. Tegangan circumferensial 24,67 MPa dan longitudinal 12,34 MPa masih jauh di bawah tegangan izin 62,5 MPa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa desain tangki aman, efisien, dan berkontribusi pada pengembangan bejana tekan bertekanan rendah untuk aplikasi otomotif.

Kata Kunci: Tangki udara, Silinder berdinding tipis, ASME Section VIII, Analisis tegangan.

Abstract

The air tank is a crucial component in pneumatic car horn systems, serving to store compressed air to produce a loud and responsive sound. Most pressure vessel studies have focused on high-pressure applications in industry. At the same time, research on low-pressure tanks for automotive use remains limited, particularly those referring to ASME Section VIII Division 1 standards. This study designed a horizontal cylindrical air tank using the thin-walled cylinder approach with steel plates (yield strength 250 MPa, safety factor 4). The analysis showed a minimum wall thickness of 1.18 mm, while the actual thickness of 3 mm provides additional safety margins. The circumferential stress of 24.67 MPa and longitudinal stress of 12.34 MPa are well below the allowable stress of 62.5 MPa. These results confirm that the design is safe and efficient, contributing to the development of low-pressure pressure vessels for automotive applications.

Keywords: Air tank, Thin-walled cylinder, ASME Section VIII, Stress analysis.

1. Pendahuluan

Sistem klakson berbasis pneumatik pada kendaraan bermotor membutuhkan suplai udara bertekanan yang stabil agar mampu menghasilkan bunyi yang nyaring dan responsif (Timbang and Mangande, 2023). Tangki udara bertekanan berfungsi sebagai komponen penyimpanan sekaligus pengatur suplai udara tersebut (Setyono et al., 2021). Desain struktural tangki udara menjadi aspek krusial dalam menjamin performa, efisiensi, serta keselamatan

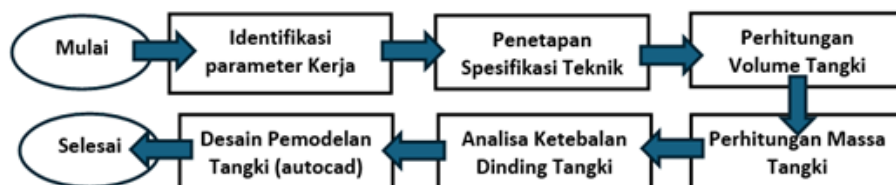
pengguna. Kegagalan struktural pada tangki dapat menimbulkan risiko serius, baik terhadap keselamatan kendaraan maupun kenyamanan pengemudi (Afifah, 2025; Anggoma, 2024).

Berbagai penelitian mengenai perancangan bejana tekan telah banyak dilakukan, khususnya pada aplikasi industri dengan tekanan tinggi. Beberapa studi membahas perancangan *pressure vessel* untuk keperluan pembangkit energi, penyimpanan gas industri, dan sistem hidrolik dengan tekanan operasi lebih dari 20 bar (Siagian, 2025). Penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada material khusus dan desain tangki berkapasitas besar. Adapun studi mengenai tangki udara bertekanan rendah (≤ 10 bar) yang digunakan pada sistem otomotif, khususnya klakson mobil, masih relatif terbatas. Sebagian besar perancangan tangki otomotif masih sedikit yang mengintegrasikan analisis struktural berdasarkan standar internasional seperti ASME Section VIII Division 1. Anaisa ini telah diakui luas dalam desain bejana tekan (Hazizi and Ghaleeh 2023).

Penelitian ini bertujuan merancang sebuah tangki udara bertekanan rendah untuk sistem klakson mobil menggunakan pendekatan silinder berdinding tipis. Analisis ini difokuskan pada penentuan ketebalan minimum dinding, evaluasi tegangan circumferensial dan longitudinal akibat tekanan internal, serta perbandingan dengan tegangan izin material pelat baja yang digunakan. Mengacu pada standar ASME Section VIII Division 1, penelitian ini diharapkan menghasilkan rancangan tangki yang aman, efisien, serta memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain bejana tekan bertekanan rendah pada aplikasi otomotif.

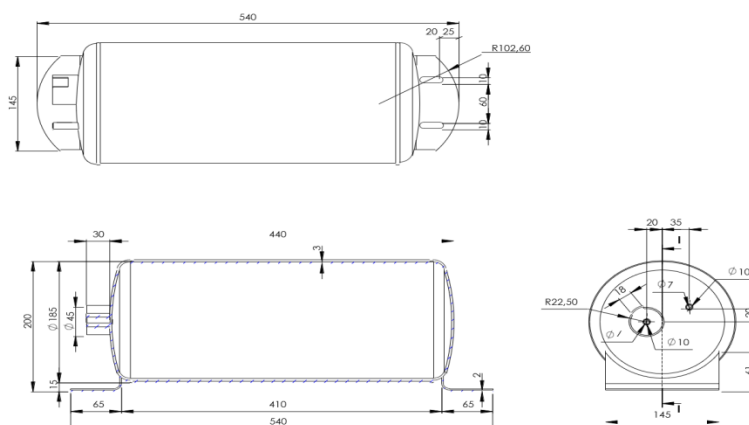
2. Metode

Metode penelitian ini dirancang untuk memperoleh rancangan tangki udara bertekanan rendah pada sistem klakson mobil yang memenuhi persyaratan keamanan struktural. Tahapan penelitian dilakukan melalui pendekatan analitik berbasis standar internasional ASME Section VIII Division 1, serta didukung dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak AutoCAD untuk visualisasi desain.



Gambar 1. Tahapan perencanaan tangki klakson mobil

Secara garis besar, alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Adapun pemodelan tangki pada penelitian ini dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain tangki

Parameter teknis utama dalam perancangan tangki udara bertekanan pada sistem klakson kendaraan dapat dilihat pada Tabel 1.

2.1. Identifikasi Parameter Desain

Parameter teknis yang diperlukan dalam perancangan tangki udara meliputi tekanan kerja (8 bar), diameter dan panjang tangki, material pelat baja dengan tegangan luluh 250 MPa, serta faktor keamanan 4. Data dasar perancangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel spesifikasi data tangki penyimpanan udara

Parameter	Nilai dan Material
Tekanan kerja rencana (P)	8 bar → 800.000 Pa
Diameter Tangki (D)	185 mm → 0,185 m
phi (π)	3,14
Panjang tangki (L)	410 mm → 0,41 m
Ketebalan plat (t)	3 mm → 0,003 m
Temperatur gas (T)	300 K
Konstanta gas ideal (R)	0,2870 kJ/kg. K
Massa molar gas	28,97 g/mol
Material	Plat baja

2.2. Asumsi Penelitian

Untuk menyederhanakan perhitungan, digunakan beberapa asumsi, yaitu: gas dianggap bersifat ideal, temperatur operasi konstan pada 300 K, tangki diasumsikan berbentuk silinder horizontal dengan dinding tipis ($t < D/10$), efek tegangan sekunder, cacat manufaktur, dan konsentrasi tegangan diabaikan.

2.3. Perhitungan Analitik

Perancangan desain tangki didasarkan pada rumus Persamaan (1), yang dinyatakan dalam satuan meter kubik, m^3 (Ibrahim et al., 2015a).

$$V = \pi \frac{D^2}{4} L \quad (1)$$

Keterangan: V = Volume tangki (m^3); D = Nominal diameter tangki (m); L = Panjang tangki (m).

Massa gas yang tersimpan dalam tangki dapat ditentukan menggunakan Persamaan (2) gas ideal, dalam satuan kilogram (kg) (Wang and Wang 2021).

$$m = \frac{P.v}{R.T} \quad (2)$$

Keterangan: m = Massa gas (kg); v = Volume spesifik (m^3/kg); P = Tekanan gas (kPa); R = Konstanta gas ideal (kJ/kg K); T = Suhu gas (K).

Tangki berbentuk silinder dengan ketebalan dinding ($t < D/10$) dapat dianalisis menggunakan Persamaan (3). Pada kondisi ini, terdapat dua jenis tegangan utama akibat tekanan internal. Tegangan circumferensia (hoop stress) dan tegangan longitudinal (*axial stress*) (Ibrahim et al., 2015b).

$$\sigma_c = \frac{P.D}{2.t} = \frac{P.r}{t} \quad (3)$$

Keterangan: σ_c = Tegangan circumferensial (MPa); P = Tekanan dalam tangki (Pa); D = Diameter tangki (m); t = Tebal aktual tangki (m), R = Radius, D/2 (m).

Formula menghitung tegangan longitudinal dilakukan dengan Persamaan (4) (Ibrahim et al., 2015b).

$$\sigma_L = \frac{P.D}{4.t} = \frac{P.r}{2.t} \quad (4)$$

Keterangan: σ_L = Tegangan longitudinal (MPa); P = Tekanan dalam tangki (Pa); D = Diameter tangki (m); t = Tebal aktual tangki (m); r = Radius D/2 (m)

Tegangan izin material dihitung dengan membagi tegangan luluh material dengan faktor keamanan, sehingga tegangan kerja tetap berada di bawah batas aman. Rumus untuk menghitung tegangan izin tangki menggunakan Persamaan (5) (Fajarwati Meditama et al., 2024).

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_Y}{S_f} \quad (5)$$

Keterangan: σ_{izin} = Tegangan izin tangki (MPa); σ_Y = Kekuatan *yield* material (Pa); S_f = *Safety factor* (4).

Tangki klakson termasuk dalam kategori bejana tekan yang harus dirancang agar mampu menahan tekanan internal dengan aman. Perancangan bejana tekan mengacu pada standar ASME Section VIII Division 1. Standar ini memberikan pedoman teknis mengenai penentuan ketebalan minimum dinding, faktor keamanan, dan batas tegangan izin material. Standar ini merekomendasikan penggunaan faktor keamanan sebesar 4, dengan tegangan luluh material plat baja adalah 250 MPa. Untuk Ketebalan minimum tangki dihitung menggunakan rumus Persamaan (6) (Subekhi et al., 2024).

$$t = \frac{P.D}{2.\sigma_{izin}} \quad (6)$$

Keterangan: t = Ketebalan dinding tangki (mm); P = Tekanan gas kerja (Pa); D = Diameter tangki (mm), σ_{izin} = Tegangan izin tangki (Pa).

2.4. Pemodelan Tangki

Setelah diperoleh hasil perhitungan, rancangan tangki divisualisasikan menggunakan perangkat lunak AutoCAD. Pemodelan ini bertujuan untuk memvalidasi dimensi geometri serta membantu dalam perhitungan massa tangki.

2.5. Analisis Validasi

Hasil perhitungan numerik dibandingkan dengan ketebalan aktual material (3mm). Validasi dilakukan dengan mengecek apakah tegangan circumferensial dan longitudinal yang dihasilkan masih berada di bawah tegangan izin, sehingga rancangan dapat dinyatakan aman dan layak digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan dimensi geometri tangki (diameter 0,185 m dan panjang 0,41 m), hasil perhitungan menggunakan Persamaan (1) menunjukkan bahwa volume tangki adalah sebesar 0,011 m³ atau setara dengan 11 liter. Dengan mengacu pada hukum gas ideal (Persamaan 2), massa gas yang dapat disimpan pada tekanan operasi 8bar dan temperatur 300 K adalah 0,102 kg. Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun kapasitas tangki relatif kecil, jumlah massa udara yang tersimpan cukup untuk menghasilkan energi pneumatik dalam mengoperasikan sistem klakson mobil. Adapun hasil perhitungan volume dan massa gas dapat ditampilkan pada Tabel 2.

Perhitungan tegangan internal dilakukan menggunakan pendekatan silinder berdinding tipis (Persamaan 3 dan Persamaan 4). Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan circumferensial (*hoop stress*) yang terjadi adalah 24,67 MPa, sedangkan tegangan longitudinal

(*axial stress*) sebesar 12,34 MPa. Kedua nilai tegangan ini dibandingkan dengan tegangan izin material sebesar 62,5 MPa, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil perhitungan volume dan massa gas

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Nilai
1	Volume Tangki	V	0,011 m ³	11 L
2	Massa gas	M	0,102 kg	102 g

Nilai tegangan aktual yang diperoleh masih jauh di bawah tegangan izin, dengan rasio tegangan terhadap tegangan izin masing-masing 39,5% untuk hoop stress dan 19,7% untuk *axial stress*. Perhitungan tegangan izin menggunakan Persamaan (5). Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa tangki memiliki margin keamanan yang memadai, sehingga aman untuk dioperasikan pada kondisi kerja yang ditentukan. Tabel 3 merupakan hasil perhitungan tegangan circumferensial dan tegangan longitudinal.

Tabel 3. Hasil perhitungan tegangan circumferensial dan tegangan longitudinal

Tekanan (bar)	Jenis tegangan (σ)	Hasil perhitungan (MPa)	Tegangan izin (MPa)	Status
8	Circumferensial	24,67	62,5	Aman
8	Longitudinal	12,34	62,5	Aman

Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (6), ketebalan minimum dinding yang disyaratkan adalah 1,18 mm. Sementara itu, ketebalan aktual material yang digunakan adalah 3mm. ini menunjukkan sekitar 2,5 kali lebih besar dari nilai minimum, seperti dijabarkan pada Tabel 4. Ketebalan aktual ini memberikan keunggulan berupa: Margin keamanan tambahan; yang mengurangi risiko kegagalan akibat variasi manufaktur atau degradasi material; Peningkatan keandalan jangka panjang; terutama terhadap beban siklik (*fatigue*) akibat penggunaan berulang; Kelayakan manufaktur, karena pelat baja dengan ketebalan 3 mm lebih mudah diperoleh dan diproses dalam industri otomotif.

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan tegangan izin dengan menggunakan Persamaan (4). Material memiliki tegangan luluh (σ_y) sebesar 250 MPa. Untuk menjamin keamanan desain, digunakan faktor keamanan (SF) sebesar 4. Untuk menghitung tegangan izin menggunakan Persamaan (5), nilai tegangan izin diperoleh sebesar 62,5 MPa.

Tabel 4. Hasil perhitungan tegangan iin dan ketebalan tangki

Material	σ_y (MPa)	SF	σ_{yizin} (MPa)	$t_{minimum}$ (mm)	t_{aktual} (mm)
Plat baja	250	4	62,5	1,18	3

Tabel 5 menyajikan data material yang digunakan untuk tangki udara, yaitu plat baja dengan ketebalan 0,003 m, dan tegangan luluh sebesar 250 MPa. Berdasarkan perhitungan massa, diperoleh massa total tangki adalah 3,870 kg; massa gas yang tertampung pada kondisi operasi: 0,102 kg; massa total sistem (tangki + gas): 3,972 kg.

Tabel 5. Detail data material tangki

Material	Ketebalan (m)	Tegangan luluh (MPa)	Massa tangki (kg)	Massa gas (kg)	Massa total (kg)
Plat baja	0.003	250	3,870	0,102	3,972

Data ini menunjukkan bahwa kontribusi massa gas relatif kecil dibandingkan massa tangki. sehingga beban utama tetap ditanggung oleh struktur plat baja. Penggunaan material dengan tegangan luluh 250 MPa dan ketebalan aktual 3mm. Ini menunjukkan tangki memiliki

kekuatan yang memadai untuk menahan tekanan internal. Selain itu juga menjaga bobot sistem agar tetap efisien untuk diaplikasikan pada klakson mobil.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu mengenai desain bejana tekan bertekanan tinggi (Subekhi et al., 2024; Hazizi and Ghaleeh, 2023). Penelitian ini menekankan aspek tekanan rendah pada aplikasi otomotif, yang masih jarang dibahas. Nilai tegangan yang diperoleh relatif lebih rendah dibandingkan tangki bertekanan tinggi. Hasil penelitian ini tetap relevan karena memenuhi persyaratan standar internasional. Penelitian ini juga mengisi celah penting dalam pengembangan desain tangki udara otomotif berbasis standar ASME.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tangki udara untuk klakson mobil berhasil dirancang dengan aman untuk menahan tekanan operasi sebesar 8 bar. Nilai tegangan circumferensial dan longitudinal yang terjadi masih berada di bawah tegangan izin material, sehingga desain dinyatakan aman. Ketebalan aktual plat sebesar 3 mm melebihi ketebalan minimum yang disyaratkan (1,18 mm), sehingga memberikan margin keamanan yang signifikan. Material plat baja terbukti layak digunakan karena memenuhi kriteria kekuatan serta efisien secara teknis dan ekonomis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Medan Area yang telah memberikan dukungan berupa fasilitas dan sumber daya selama pelaksanaan penelitian ini. Kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moral dan material, motivasi, kasih sayang, doa, serta nasihat berharga bagi penulis. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Teknik Mesin angkatan 2018 yang telah memberikan motivasi, kebersamaan, serta warna dalam perjalanan studi penulis.

Daftar Pustaka

- Afifah, E. 2025. *Studi literatur kekuatan tekan tabung karbo hybrid untuk meningkatkan keselamatan tabrakan*. Repository.Uinjt.Ac.Id. Retrieved August 22, 2025, from <https://repository.uinjt.ac.id/dspace/handle/123456789/82368>.
- Anggoma, F. 2024. *Perancangan alat Reference Point Portable (REPOBLE) untuk optimalisasi dan akurasi pengukuran level BBM pada mobil tangki (studi kasus di Pertamina Maos)*. <http://repository.unissula.ac.id/38208/>.
- Barkley, Nathan. 2018. "A General Comparison of the Design Margins and Design Rules for ASME Section VIII, Divisions 1 and 2." In *Pressure Vessels and Piping Conference*, Vol. 51623. New York: American Society of Mechanical Engineers.
- Dindorf, Ryszard, Jakub Takosoglu, and Piotr Wos. 2023. "Review of Compressed Air Receiver Tanks for Improved Energy Efficiency of Various Pneumatic Systems." *Energies* 16 (10): 4153. <https://doi.org/10.3390/en16104153>.
- Fajarwati Meditama, R., Rizky Septiawan, D., Dwi Putra, A., Nur Wahid, B., and Islam Raden Rahmat Malang, U. 2024. "Analisis tegangan statik standar sampling sepeda motor matic menggunakan bahan steel alloy dengan software Solidwork." *Ring Mechanical Engineering* 4 (2): 73–82. <https://doi.org/10.33474/RME.V4I2.22758>.
- Hazizi, K., and M. Ghaleeh. 2023. "Design and analysis of a typical vertical pressure vessel using ASME code and FEA technique." *Designs* 7 (3). <https://doi.org/10.3390/designs7030078>.

- Ibrahim, A., Y. Ryu, and M. Saidpour. 2015a. "Stress analysis of thin-walled pressure vessels." *Modern Mechanical Engineering* 5 (1): 1–9. <https://doi.org/10.4236/MME.2015.51001>.
- . 2015b. "Stress analysis of thin-walled pressure vessels." *Modern Mechanical Engineering* 5 (1): 1–9. <https://doi.org/10.4236/mme.2015.51001>.
- Raghavaiah, N. V. 2019. "Overview of Pressure Vessel Design Using ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division-1 and Division-2." *International Journal of Research in Engineering, Science and Management* 2 (6): 525–26.
- Setyono, A. E., B. Fajar, and T. Kiono. 2021. "Dari energi fosil menuju energi terbarukan: Potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020–2050." *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan* 2 (3): 154–162. <https://doi.org/10.14710/JEBT.2021.11157>.
- Siagian, F. 2025. *LKP Fai Marojahan Siagian 218130089: Proses pengolahan kelapa sawit menjadi crude palm oil (CPO)*. <https://repository.uma.ac.id/jspui/handle/123456789/27136>.
- Sirosh, Neel, and Alan Niedzwiecki. 2008. "Development of Storage Tanks: High-Pressure Vessels." In *Hydrogen Technology: Mobile and Portable Applications*, 291–310. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Subekhi, T. B. U. A., Jatira, and B. Siswanto. 2024. "Analisa pengujian ketahanan bejana tekan dengan metode hidrostatictest." *Jurnal Teknologika* 14 (2): 608–619. <https://doi.org/10.51132/TEKNOLOGIKA.V14I2.432>.
- Timbang, S., and A. Mangande. 2023. *Peningkatan sistem pengontrolan gerak alat uji suspensi kendaraan roda empat menggunakan sensor proximity switch*. <https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8296/>.
- Wang, Y., and P. Wang. 2021. "Analysis of the application of ideal gas equation of state." *E3S Web of Conferences* 252: 03019. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202125203019>.