

Konsep Kerja Sistem Airdome untuk Stock Yard Batubara

Muhammad Fauzan Putra Difia¹

¹Program Studi Teknis Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung

DOI: <https://doi.org/10.71417/jpc.v2i1.139>

Abstrak

Penyimpanan batubara pada stock yard terbuka menghadapi permasalahan berupa peningkatan kadar air akibat hujan, emisi debu, serta gangguan operasional yang berdampak pada penurunan kualitas dan efisiensi pemanfaatan batubara. Penelitian ini bertujuan mengkaji konsep kerja sistem airdome sebagai struktur pelindung berbasis tekanan udara untuk stock yard batubara. Metode penelitian meliputi studi literatur, observasi lapangan, dan pengumpulan data teknis desain airdome yang dianalisis untuk mengevaluasi prinsip kerja, komponen utama, desain struktural, serta beban yang bekerja pada sistem. Hasil kajian menunjukkan bahwa airdome mampu melindungi batubara dari pengaruh cuaca, menekan peningkatan moisture, mengurangi emisi debu, dan meningkatkan keandalan operasional stock yard, sehingga dapat dinilai sebagai solusi perlindungan batubara yang efektif dan efisien pada skala besar dengan perencanaan tekanan internal dan sistem pendukung yang tepat.

Kata Kunci: Airdome, Stock Yard, Struktur Membran, Pelindung Cuaca.

Abstract

Coal storage in open stock yard areas is vulnerable to weather exposure, increased moisture content, dust emissions, and operational disturbances that reduce coal quality and utilization efficiency. This study aims to examine the working concept of an airdome system as an air-supported protective structure for coal stock yards. The research method includes a literature review, field observations, and the collection of technical design data, which are analyzed to evaluate the working principles, main components, structural design, and loads acting on the airdome system. The results indicate that the airdome effectively protects coal from weather effects, minimizes moisture increase, suppresses dust emissions, and improves stock yard operational reliability, making it a viable and efficient solution for large-scale coal storage when supported by proper pressure planning and auxiliary systems.

Keywords: *Airdome, Stock Yard, Pneumatic Structure, Weather Protection.*

✉ Corresponding author :

Email Address : fauzanoi723@gmail.com

Received 12 Maret 2026, Accepted 13 Maret 2026, Published 14 Maret 2026

Pendahuluan

Industri pembangkit listrik berbasis batubara serta sistem penanganan material (coal handling system) memerlukan fasilitas penyimpanan batubara (stockyard) yang aman, efisien, dan mampu menjaga kualitas material secara optimal. Stockyard berperan penting dalam menjamin kontinuitas pasokan batubara ke unit pembangkit, sehingga pengelolaannya harus memperhatikan aspek teknis, operasional, dan lingkungan secara terpadu.

Namun, penerapan stockyard terbuka masih menghadapi berbagai permasalahan, terutama terkait dampak lingkungan dan penurunan kualitas batubara. Pencemaran debu batubara dapat mengganggu kesehatan pekerja dan masyarakat sekitar (Zhang et al., 2019), sementara paparan hujan berpotensi meningkatkan kadar air (moisture) yang berdampak pada penurunan nilai kalor batubara (Speight, 2015). Selain itu, kondisi cuaca ekstrem seperti hujan deras dan angin kencang sering kali menghambat aktivitas operasional, khususnya proses bongkar muat material (Aghajani & Bagherpour, 2021).

Seiring meningkatnya tuntutan efisiensi operasional dan penerapan standar lingkungan yang lebih ketat, diperlukan solusi teknologi yang mampu mengatasi permasalahan tersebut secara efektif. Salah satu teknologi yang mulai banyak diterapkan adalah airdome, yaitu struktur pelindung berbasis tekanan udara rendah (low-pressure air-supported structure) yang memanfaatkan membran fleksibel dan tekanan internal untuk mempertahankan bentuknya. Teknologi airdome telah digunakan di berbagai sektor, seperti penyimpanan material curah, fasilitas olahraga, dan hanggar pesawat, karena keunggulannya dalam hal konstruksi yang ringan, waktu pemasangan yang cepat, serta biaya yang relatif ekonomis (Makowski, 2010).

Airdome memiliki keunggulan utama berupa kemampuan menutup area penyimpanan yang luas tanpa memerlukan rangka baja konvensional. Struktur ini terbukti mampu mengurangi emisi debu hingga 70–90% (Li et al., 2020), melindungi batubara dari paparan hujan, serta menjaga stabilitas kegiatan operasional dalam berbagai kondisi cuaca. Oleh karena itu, penerapan airdome dinilai sebagai solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan stockyard batubara sekaligus memenuhi tuntutan standar lingkungan modern.

Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan fokus pada kajian teknis konsep kerja sistem airdome sebagai pelindung stock yard batubara. Metode ini dipilih untuk menggambarkan secara sistematis prinsip kerja, komponen utama, desain struktural, serta interaksi antara tekanan udara internal dan beban lingkungan pada struktur airdome. Alur penelitian diawali dengan studi pendahuluan dan identifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan perencanaan metodologi, pengumpulan data, pengolahan data, hingga analisis hasil penelitian.

Studi pendahuluan dilakukan melalui telaah literatur yang berkaitan dengan teori penyimpanan batubara, karakteristik dan kualitas batubara, struktur membran, air-supported structure, prinsip kerja airdome, serta pengaruh beban lingkungan seperti angin dan hujan terhadap struktur ringan. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh landasan teoritis dan referensi teknis yang relevan sebagai dasar dalam memahami konsep kerja sistem airdome. Berdasarkan studi pendahuluan tersebut, disusun metodologi penelitian yang memanfaatkan data teknis dan referensi yang tersedia untuk menjelaskan penerapan airdome pada stock yard batubara.

Pengumpulan data dilakukan terhadap objek penelitian yang meliputi kondisi dan tata letak (layout) stock yard, spesifikasi teknis airdome, serta data operasional dan lingkungan. Data diperoleh melalui observasi lapangan, pengumpulan data teknis desain airdome, serta studi terhadap dokumen dan referensi teknis yang relevan. Data yang terkumpul kemudian diolah dengan cara menyaring informasi yang tidak relevan dan mengelompokkan data yang berkaitan langsung dengan tujuan penelitian, seperti desain struktur, tekanan udara internal, beban angin, sistem blower, sistem distribusi udara, dan sistem anchoring.

Tahap analisis dilakukan dengan mengevaluasi hubungan antara tekanan udara internal airdome, beban lingkungan, serta peran sistem blower dan kontrol tekanan dalam menjaga kestabilan struktur. Analisis juga mencakup fungsi komponen utama airdome, desain akses kendaraan dan personil, sistem distribusi udara, serta pengaruh penerapan airdome terhadap kualitas batubara dan kelancaran operasional stock yard. Hasil analisis digunakan untuk menilai efektivitas sistem airdome sebagai solusi perlindungan batubara, dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, efisiensi operasional, dan keberlanjutan lingkungan.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Performa Sistem Airdome

Dari sisi struktural, performa airdome ditahan oleh sistem tekanan udara internal yang dijaga secara kontinu oleh blower. Tekanan udara positif ini menghasilkan gaya angkat merata yang merata pada seluruh permukaan atap, sehingga struktur tetap mengembang stabil tanpa memerlukan struktur baja. Tekanan internal yang relatif kecil cukup untuk menahan beban eksternal angin eksternal, selama sistem anchor dan pondasi dirancang sesuai perhitungan. Hal ini menunjukkan kinerja airdome tergantung pada bahan membran dan kemampuan sistem kontrol tekanan.

Karena tidak ada kolom internal yang menghambat pergerakan alat berat, performa operasional airdome dinilai cukup baik. Airdome ini tidak hanya sebagai pelindung batubara, tetapi juga sebagai sistem yang mendukung operasional stock yard. Aktivitas stacking dan reclaiming batubara dapat dilakukan secara fleksibel, memastikan kontinuitas operasional.

Analisis Kelebihan Dan Kekurangan Sistem Airdome

1. Kelebihan Sistem Airdome

Salah satu kelebihan sistem airdome ini adalah mampu menutup area luas tanpa menggunakan struktur rangka konvensional. Airdome mempunyai keuntungan konstruksi seperti bobot struktur yang lebih ringan dan waktu instalasi yang lebih singkat. dome yang memakai bahan membran PVDF yang fleksibel dan tahan cuaca meningkatkan ketahanan sistem dalam jangka panjang.

Dari segi kualitas batubara, airdome mengurangi efek cuaca terhadap batubara yang dapat meningkatnya kadar air. Dengan berkurangnya kadar air, nilai kalor pada batubara dapat dipertahankan lebih stabil. Ini berdampak langsung pada efisiensi pada pembangkit.

Kelebihan lainnya adalah dalam mengendalikan debu. Struktur yang tertutup dapat mencegah debu pada lingkungan sekitar, sehingga mendukung penerapan aspek keselamatan kerja dan melindungi lingkungan sekitar.

2. Kekurangan Sistem Airdome

Airdome ketergantungan dengan sistem blower dan pasokan listrik menjadi sebuah kelemahan utama. Apabila terjadi gangguan listrik tanpa dukungan sistem cadangan, tekanan udara internal akan menurun dan akan mengurangi stabilitas struktur.

Validasi Teori Terhadap Hasil Analisis

Secara teori, struktur air-supported dapat berdiri secara stabil jika tekanan udara internal mampu mengimbangi beban eksternal. Hasil analisis menunjukkan bahwa prinsip ini dapat diterapkan pada airdome untuk area stock yard.

Teori mengenai hubungan hujan dan peningkatan moisture pada batubara juga mendukung hasil analisis. Menyimpan batubara pada area terbuka akan meleburkan batubara yang tidak bisa diproses lanjutan untuk pembangkit, dan juga bila disimpan pada area terbuka batubara akan terkena panas yang berpotensi terjadinya self-heating akan terbakar sendirinya. Dengan demikian, penggunaan airdome sebagai pelindung batubara mampu mengurangi faktor-faktor penyebab penurunan kualitas batubara.

Oleh karena itu, sistem airdome dapat dinilai sebagai solusi yang layak dan relevan untuk diterapkan pada stock yard batubara, pada area dengan curah hujan tinggi dan kebutuhan operasional yang berlanjut.

Kesimpulan

Airdome merupakan solusi yang efektif untuk perlindungan batubara di area stock yard, khususnya pada kondisi iklim tropis dengan curah hujan tinggi, karena mampu melindungi batubara dari paparan hujan dan risiko self-heating sehingga kualitasnya tetap terjaga. Prinsip kerja airdome didasarkan pada keseimbangan antara tekanan udara internal dan beban eksternal seperti angin dan tekanan atmosfer, di mana tekanan internal yang dijaga pada kisaran 250–600 Pa berperan penting dalam mempertahankan bentuk dan kestabilan struktur, sehingga sistem blower dan kontrol tekanan menjadi komponen krusial dalam operasionalnya. Penggunaan struktur membran berbahan PVDF memberikan keunggulan berupa bobot yang ringan dan fleksibel serta memungkinkan proses instalasi yang lebih cepat dibandingkan struktur baja konvensional. Beban utama yang bekerja pada airdome meliputi tekanan internal, tekanan eksternal, dan beban angin yang menghasilkan gaya angkat, sehingga sistem anchor dan fondasi harus dirancang secara memadai untuk menjamin kestabilan struktur. Selain itu, desain arsitektural airdome yang dilengkapi sistem pintu berlapis ganda dan tiga lapis terbukti berperan penting dalam menjaga kestabilan tekanan udara internal, sehingga aktivitas operasional kendaraan, personil, dan conveyor dapat berlangsung secara aman dan efisien tanpa kehilangan tekanan udara yang signifikan.

Daftar Pustaka

- ASCE. (2016). ASCE 7-16: Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers.
- Feng, Y. (2015). Structural behaviour of pneumatic membrane structures. [Publikasi teknis].
- Liu, X. (2018). Coal weathering characteristics and the effect of environmental exposure on coal quality. *Journal of Coal Science*.
- PT LAPI Ganesha Utama. (2025). Laporan Perencanaan Airdome PLTU Suralaya Unit 5–7. PT LAPI Ganesha Utama.
- PLN. (2022). Studi evaluasi penurunan moisture pada stockpile tertutup (dome) di fasilitas PLTU. PT PLN.
- World Coal Association. (2021). Coal moisture increase and impacts on power plant efficiency. World Coal Association Technical Report.
- Yilmaz, A. (2019). Performance of PVDF membrane structures under high wind loads. *Journal of Industrial Membrane Engineering*.
- Zheng, L., Wang, X., & Chen, Y. (2017). Application of air-supported dome structures for coal stockpile protection. *International Journal of Structural Engineering*.