

Transformasi nilai dan Kinerja Keuangan melalui Partisipasi di Bursa Karbon

Muryani Aرسال^{1*}, Abd Haris Pelu², Andi Putri Latifa Paradiba³, Amraini⁴

^{1 2 3} Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Muhammadiyah Makassar

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis dampak partisipasi perusahaan dalam Bursa Karbon Indonesia terhadap kinerja keuangan dan nilai perusahaan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan analisis DuPont dan Tobin's Q. Hasil penelitian menunjukkan bahwa partisipasi dalam bursa karbon memberikan dampak positif terhadap nilai perusahaan meskipun diiringi tantangan dalam penyesuaian operasional. Hasil analisis mengindikasikan peningkatan dalam profitabilitas dan valuasi pasar setelah partisipasi. Namun, penelitian juga menemukan adanya tekanan pada struktur biaya perusahaan selama masa transisi. Studi ini memberikan kontribusi pada pemahaman tentang hubungan antara partisipasi bursa karbon dengan kinerja perusahaan di pasar emerging, khususnya dalam konteks transisi energi berkelanjutan.

Keywords: *carbon exchange, dupont analysis, company value*

Copyright (c) 2025 Muryani Aرسال

✉ Corresponding author :

Email Address : muryani@unismuh.ac.id

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia saat ini (Rocha et al., 2022). Kenaikan suhu global, pola cuaca yang ekstrem, dan dampak negatif lainnya diakibatkan oleh emisi gas rumah kaca yang terus meningkat terutama dari sektor industri dan energi. Indonesia, sebagai salah satu negara penghasil emisi karbon terbesar di dunia (Putu Dian Pusparini et al., 2023), memiliki peran penting dalam upaya global mengurangi emisi ini. Menurut data dari Global Carbon Project tahun 2022, Indonesia menempati urutan ke-6 sebagai negara penghasil emisi CO₂ terbesar dengan kontribusi signifikan berasal dari sektor energi dan deforestasi.

Sektor energi di Indonesia yang didominasi oleh penggunaan batu bara dan bahan bakar fosil lainnya, menjadi salah satu penyumbang utama emisi karbon. Berdasarkan data World Bank, sekitar 80% dari total permintaan energi di dunia merupakan bahan bakar fosil (Aji et al., 2024) yang tidak hanya menyebabkan tingginya emisi gas rumah kaca tetapi juga mengancam ketahanan energi jangka panjang. Dalam upaya mengatasi masalah ini, berbagai kebijakan dan mekanisme telah dikembangkan salah satunya adalah bursa (Fais et al., 2023).

Bursa karbon berfungsi sebagai platform di mana perusahaan dapat membeli dan menjual izin emisi karbon (Park et al., 2024). Dengan cara ini, perusahaan yang berhasil mengurangi emisi mereka dapat menjual kelebihan izin kepada perusahaan lain yang mungkin kesulitan untuk memenuhi target pengurangan emisi (Pearse & Böhm, 2014). Ini menciptakan insentif bagi perusahaan untuk berinvestasi dalam teknologi yang lebih bersih dan praktik bisnis yang berkelanjutan.

Dibandingkan negara-negara lain, bursa karbon di Indonesia masih terbilang sangat baru. Bursa Karbon Indonesia (IDX Carbon) diresmikan pada 16 September 2023. Walaupun demikian, Bursa Karbon Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagaimana yang diucapkan oleh Presiden Indonesia Joko Widodo, potensi kredit karbon di Indonesia mencapai 1 gigaton karbondioksida (CO₂) yang jika dikalkulasikan bisa mencapai Rp 3000 triliun. Angka fantastis yang dapat dijadikan peluang ekonomi baru berkelanjutan dan ramah lingkungan (Sekretariat Kabinet RI, 2024).

Berdasarkan Teorema Coase (Chen et al., 2018), sistem perdagangan karbon dapat membantu pemerintah untuk mendorong internalisasi biaya lingkungan oleh perusahaan serta mengurangi eksternalitas perusahaan (E. Wang et al., 2022). Partisipasi dalam bursa karbon bukan hanya berpengaruh pada aspek lingkungan, tetapi juga dapat berdampak pada kinerja keuangan perusahaan serta nilai perusahaan (Naranjo Tuesta et al., 2020) seperti penghematan biaya operasional melalui efisiensi energi dan penggunaan sumber energi terbarukan serta dapat meningkatkan citra perusahaan di mata konsumen dan pemangku kepentingan lainnya (Tanveer et al., 2024).

Terdapat berbagai penelitian terkait hubungan perdagangan karbon dengan kinerja keuangan dan nilai perusahaan. Oestreich & Tsiakas (2015) menemukan bahwa nilai dan kinerja keuangan perusahaan meningkat secara signifikan di bawah implementasi perdagangan karbon. Hasil penelitian Lanoie et al. (2011) menunjukkan bahwa nilai perusahaan akan terpengaruh oleh perdagangan emisi

karbon pada jangka pendek. Liu et al. (2012) membuktikan bahwa perdagangan emisi karbon kondusif bagi perusahaan untuk meningkatkan nilai perusahaan. Lin & Jia (2020) juga menemukan bahwa nilai perusahaan meningkat seiring dengan meningkatnya harga perdagangan emisi karbon. Niu et al. (2020) menemukan bahwa apabila rasio polusi/kuantitas kecil maka perusahaan akan memperoleh lebih banyak keuntungan. Penelitian oleh Naranjo Tuesta et al. (2020) mengungkapkan bahwa pengelolaan karbon terbukti berpengaruh terhadap profitabilitas perusahaan khususnya pada Return on Assets (ROA). K. Wang et al. (2016) menemukan bahwa perdagangan emisi karbon memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap kinerja lingkungan dan kinerja keuangan. Berbeda dengan penelitian oleh Aydingülü Sakalsız & Özçelik (2024) yang menemukan bahwa emisi karbon berdampak negatif terhadap kinerja keuangan (ROA dan ROE) perusahaan.

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait perdagangan karbon serta dampaknya terhadap nilai dan kinerja keuangan perusahaan yang menunjukkan berbagai manfaat. Namun, dampak partisipasi dalam bursa karbon terhadap nilai dan kinerja keuangan perusahaan masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Data dan analisis yang komprehensif dibutuhkan untuk memahami hubungan ini, terutama di Indonesia, di mana struktur pasar dan regulasi bursa karbon masih dalam tahap pengembangan. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis dampak partisipasi pada Bursa Karbon terhadap nilai dan kinerja keuangan perusahaan *Go Public* di Indonesia melalui pendekatan model Tobin's Q dan DuPont untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif dan mendalam.

TINJAUAN LITERATUR

Teorema Coase

Teorema Coase (1960) memberikan landasan teoretis yang kuat untuk memahami mekanisme bursa karbon dalam mengatasi eksternalitas negatif emisi karbon. Teori ini menyatakan bahwa alokasi sumber daya akan mencapai efisiensi Pareto ketika hak properti terdefinisi dengan jelas, biaya transaksi rendah, dan negosiasi antar pihak dapat berlangsung tanpa hambatan (Kurniawati et al., 2022). Dalam konteks bursa karbon, hak emisi (carbon allowances) yang diperdagangkan berfungsi sebagai hak properti yang jelas, sementara keberadaan platform terpusat seperti Bursa Karbon Indonesia (IDX Carbon) bertujuan meminimalkan biaya transaksi. Mekanisme ini memungkinkan perusahaan yang berhasil mengurangi emisi di bawah kuota untuk menjual kelebihan izinnya, sementara perusahaan yang melebihi kuota dapat membeli izin tambahan, menciptakan insentif ekonomi untuk pengurangan emisi yang efisien.

Hipotesis Porter

Hipotesis Porter memberikan perspektif penting dalam penelitian ini dengan menyatakan bahwa regulasi lingkungan yang dirancang dengan baik justru dapat meningkatkan daya saing perusahaan melalui inovasi yang kompensatif (innovation offsets). Dalam konteks partisipasi bursa karbon, hipotesis ini memprediksi bahwa

keterlibatan perusahaan dalam mekanisme pasar karbon akan mendorong inovasi dalam efisiensi sumber daya dan pengembangan teknologi rendah karbon, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja keuangan (Porter & Linde, 1995). Hipotesis ini semakin kuat ketika perusahaan berada dalam sektor yang menghadapi tekanan kompetitif tinggi, dimana inovasi lingkungan menjadi faktor kunci diferensiasi. Temuan dari Lanoie et al. (2011); Oestreich & Tsiakas (2015) yang menunjukkan peningkatan kinerja perusahaan setelah partisipasi dalam skema perdagangan emisi mendukung logika hipotesis ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode analisis menggunakan DuPont analysis 5-Way Approach untuk menganalisis kinerja keuangan serta Tobin’s Q untuk menganalisis nilai perusahaan. Populasi dalam penelitian ini berjumlah 3 dan 1 di antaranya dipilih sebagai sampel dengan kriteria perusahaan merupakan perusahaan Go Public yaitu Pertamina Geothermal Energy Tbk. Data dalam penelitian ini diperoleh dari official web Perusahaan, Bursa Efek Indonesia, dan Bursa Karbon. Karena keterbatasan data, penelitian ini menggunakan data kuartal 1-3 tahun 2023-2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

DuPont Analysis

Tabel 1. DuPont Analysis

5-Way Approach		RoE	=	tax burden	x	interest burden	x	operating profit margin	x	asset turnover	x	financial leverage ratio
Tahun	Quartal	net income / equity	=	net income / EBT	x	EBT / EBIT	x	EBIT / revenue	x	revenue / total assets	x	average assets / total equity
2023	1	2.49%	=	66.93%	x	91.58%	x	74.63%	x	0.04	x	1.52
	2	4.89%	=	67.22%	x	91.68%	x	72.80%	x	0.07	x	1.52
	3	6.88%	=	67.52%	x	91.53%	x	69.92%	x	0.11	x	1.50
2024	1	2.35%	=	69.28%	x	92.46%	x	71.77%	x	0.03	x	1.48
	2	4.95%	=	69.56%	x	92.53%	x	73.39%	x	0.07	x	1.49
	3	6.75%	=	69.34%	x	92.00%	x	68.62%	x	0.10	x	1.50

Sumber: data diolah

Berdasarkan tabel 1, analisis DuPont dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

Kuartal 1 2023 menunjukkan kinerja yang stabil dengan ROE sebesar 2.49%. Tingginya Operating Margin sebesar 74.63% mencerminkan efisiensi operasional

yang baik, meskipun Asset Turnover yang rendah sebesar 0.04 mengindikasikan pemanfaatan aset yang belum optimal. Struktur keuangan yang sehat terlihat dari Interest Burden 91.58% dan Financial Leverage 1.52, sementara Tax Burden 66.93% menunjukkan beban pajak yang relatif moderat.

Kuartal 2 2023 mengalami peningkatan signifikan dengan ROE mencapai 4.89%. Lonjakan ini terutama didorong oleh peningkatan tajam Asset Turnover menjadi 0.07 yang menunjukkan perbaikan dalam pemanfaatan aset. Operating Margin yang tetap kuat di 72.80% dan struktur pembiayaan yang stabil (Interest Burden 91.68%, Financial Leverage 1.52) mendukung kinerja ini, meskipun Tax Burden meningkat tipis menjadi 67.22%.

Kuartal 3 2023 mencatat kinerja terbaik dengan ROE 6.88%. Pencapaian ini terutama berasal dari Asset Turnover tertinggi sebesar 0.11, menunjukkan efisiensi penggunaan aset yang sangat baik. Meskipun Operating Margin turun menjadi 69.92%, struktur keuangan tetap sehat dengan Interest Burden 91.53% dan Financial Leverage yang sedikit menurun menjadi 1.50. Tax Burden yang meningkat menjadi 67.52% masih dalam kisaran wajar.

Kuartal 1 2024 mengalami penurunan kinerja dengan ROE 2.35%. Penurunan ini terutama disebabkan oleh merosotnya Asset Turnover menjadi 0.03 dan Operating Margin ke 71.77%. Tax Burden yang melonjak ke 69.28% menjadi faktor pembebani, meskipun Interest Burden membaik menjadi 92.46% dan Financial Leverage turun menjadi 1.48 menunjukkan pendekatan keuangan yang lebih konservatif.

Kuartal 2 2024 menunjukkan tanda-tanda pemulihan dengan ROE 4.95%. Operating Margin membaik ke 73.39% dan Asset Turnover kembali ke level 0.07. Perbaikan struktur pembiayaan tercermin dari Interest Burden tertinggi sebesar 92.53%, meskipun Tax Burden mencapai level tertinggi 69.56%. Financial Leverage yang stabil di 1.49 menunjukkan manajemen modal yang hati-hati.

Kuartal 3 2024 menutup tahun dengan ROE solid sebesar 6.75%. Asset Turnover yang baik sebesar 0.10 menjadi pendorong utama, meskipun Operating Margin turun ke 68.62%. Struktur keuangan tetap sehat dengan Interest Burden 92.00% dan Financial Leverage stabil di 1.50, sementara Tax Burden yang tinggi di 69.34% masih menjadi tantangan. Kinerja kuartal ini mencerminkan adaptasi perusahaan terhadap mekanisme bursa karbon.

Tabel 2. Tobin's Q

Tahun	Quartal	Tobin's Q
2023	1	1.02
	2	1.19
	3	1.69
2024	1	1.42

	2	1.40
	3	1.43

Sumber: data diolah

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa Periode Pra-Partisipasi (Q1-Q2 2023) menunjukkan nilai perusahaan yang relatif stabil dengan Tobin's Q pada kisaran 1.02-1.19, mengindikasikan bahwa pasar belum sepenuhnya mempertimbangkan potensi pertumbuhan masa depan perusahaan. Nilai ini mencerminkan valuasi standar dimana nilai pasar perusahaan sedikit di atas nilai bukunya. Q3 2023 menjadi titik balik signifikan dengan lonjakan Tobin's Q ke 1.69 (naik 42% dari kuartal sebelumnya).

Tahun 2024 menampilkan pola stabilisasi dengan Tobin's Q bertahan di kisaran 1.40-1.43, lebih tinggi secara konsisten dibanding level pra-partisipasi. Q1 2024 di 1.42 menunjukkan penyesuaian pasar setelah euforia awal, sementara Q2 2024 yang stabil di 1.40 mencerminkan konsolidasi penilaian investor.

Pembahasan

Berdasarkan hasil DuPont Analysis, periode sebelum partisipasi bursa karbon (Q1-Q2 2023) menunjukkan peningkatan ROE dari 2,49% menjadi 4,89%, yang terutama didorong oleh perbaikan efisiensi operasional dan pemanfaatan aset. Namun pasca-partisipasi (Q3 2023-Q3 2024), terjadi perubahan signifikan dimana ROE mencapai puncaknya sebesar 6,88% di Q3 2023 sebelum stabil di kisaran 2,35%-6,75% sepanjang 2024. Pola ini menunjukkan adanya biaya adaptasi awal yang kemudian berhasil diatasi, sebagaimana diidentifikasi dalam penelitian Oestreich & Tsiakas (2015) tentang dampak implementasi perdagangan emisi.

Berdasarkan Teorema Coase Chen et al. (2018), mekanisme bursa karbon menciptakan efisiensi melalui alokasi hak emisi yang jelas, tercermin dalam peningkatan nilai perusahaan (Tobin's Q) dari rata-rata 1,11 sebelum partisipasi menjadi 1,42 setelah partisipasi. Sementara itu, Hipotesis Porter menjelaskan bahwa partisipasi bursa karbon mendorong inovasi, yang terlihat dari fluktuasi Operating Profit Margin (69,92%-73,39%) sebagai indikasi proses adaptasi teknologi, sebagaimana ditemukan dalam penelitian Lanoie et al. (2011).

Penelitian ini mengungkap dua temuan utama. Pertama, dampak positif berupa peningkatan 41% nilai perusahaan (Tobin's Q) dan perbaikan manajemen utang (Interest Burden meningkat 0,92%), yang sejalan dengan hasil penelitian Naranjo Tuesta et al. (2020). Kedua, tantangan berupa tekanan pajak (Tax Burden meningkat 2,17%) dan kebutuhan stabilisasi kinerja operasional, sebagaimana diidentifikasi Aydıngülü Sakalsız & Özçelik (2024). Temuan ini mengimplikasikan pentingnya optimalisasi struktur pajak dan peningkatan efisiensi operasional melalui teknologi rendah karbon.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa partisipasi di bursa karbon memberikan dampak positif terhadap nilai perusahaan meskipun menimbulkan tekanan awal pada kinerja keuangan. Temuan ini memperkuat penelitian sebelumnya dari K. Wang et al. (2016) tentang dampak positif perdagangan emisi, sekaligus menegaskan pentingnya penyesuaian kebijakan untuk

mengoptimalkan manfaat partisipasi bursa karbon di Indonesia, sebagaimana disarankan dalam penelitian (Park et al., 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis DuPont dan Tobin's Q, penelitian ini menyimpulkan bahwa partisipasi Pertamina Geothermal Energy Tbk. di Bursa Karbon Indonesia memberikan dampak yang kompleks namun cenderung positif terhadap kinerja keuangan dan nilai perusahaan. Di satu sisi, nilai perusahaan (Tobin's Q) mengalami lonjakan signifikan sebesar 42% pada kuartal pertama pasca-partisipasi (Q3 2023) dan stabil di level yang lebih tinggi (1.40–1.43) dibanding periode pra-partisipasi (1.02–1.19), menunjukkan respons pasar yang optimis terhadap strategi keberlanjutan perusahaan. Di sisi lain, analisis DuPont mengungkap tantangan operasional, termasuk peningkatan beban pajak dan penurunan sementara efisiensi. Dengan demikian, partisipasi bursa karbon terbukti menjadi katalis bagi peningkatan nilai perusahaan jangka panjang meskipun membutuhkan pengelolaan yang cermat terhadap dampak operasional jangka pendek.

SARAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, penulis memberikan beberapa rekomendasi strategis. Bagi perusahaan, penting untuk mengoptimalkan manfaat partisipasi di bursa karbon dengan meningkatkan efisiensi operasional melalui investasi teknologi rendah emisi dan memanfaatkan seluruh insentif fiskal yang tersedia. Untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan studi dengan cakupan lebih luas, mencakup lebih banyak perusahaan dan periode observasi yang lebih panjang serta memasukkan analisis dampak lingkungan secara kuantitatif maupun kualitatif.

REFERENSI

- Aji, S. M. B., Adliawan, I., & Kawahyuning, D. I. (2024). Dampak Pemanfaatan Energi, Perkembangan Ekonomi, dan Wilayah Hutan terhadap emisi gas rumah kaca di AS, Rusia, Cina, dan Brasil. *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Sosial*, 7(1), 11–25. <https://ojs.ejournalunigoro.com/index.php/JEMeS>
- Aydınçülü Sakalsız, S., & Özçelik, M. (2024). The Impact of Firms' Carbon Emissions on Financial Performance and the Role of Innovation: Evidence from Türkiye. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1414190>
- Chen, S., Li, Y., & Yao, Q. (2018). The health costs of the industrial leap forward in China: Evidence from the sulfur dioxide emissions of coal-fired power stations. *China Economic Review*, 49, 68–83. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2018.01.004>
- Fais, A., Irfandianto, M., & Prakoso, B. (2023). Kebijakan Hukum Bursa Karbon terhadap Perkembangan Green Investment di Indonesia. *Lex Economica Journal*, 1(2), 13–26. <https://walhibali.org/lembar-informasi-2/>
- Kurniawati, S., Yeni, Putra, W., & Lestari, N. (2022). Eksternalitas Kegiatan Perusahaan Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Seminar Akademik Tahunan Ilmu Ekonomi Dan*

- Studi Pembangunan*, 5, 212–219. https://www.mendeley.com/catalogue/0138c5f9-e59e-3094-9692-c89543ee5841/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B031f3fbc-d84d-4c24-b579-5a80d45eac78%7D
- Lanoie, P., Laurent-Lucchetti, J., Johnstone, N., & Ambec, S. (2011). Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis. *Journal of Economics & Management Strategy*, 20(3), 803–842. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9134.2011.00301.x>
- Lin, B., & Jia, Z. (2020). Why do we suggest small sectoral coverage in China's carbon trading market? *Journal of Cleaner Production*, 257, 120557. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120557>
- Liu, G., Chen, Y., & He, H. (2012). China's environmental challenges going rural and west. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 44(7), 1657–1660. <https://doi.org/10.1068/a45162>
- Naranjo Tuesta, Y., Crespo Soler, C., & Ripoll Feliu, V. (2020). The Influence of Carbon Management on the Financial Performance of European Companies. *Sustainability*, 12(12), 4951. <https://doi.org/10.3390/su12124951>
- Niu, B., Xie, F., Mu, Z., & Ji, P. (2020). Multinational firms' local sourcing strategies considering unreliable supply and environmental sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104648. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104648>
- Oestreich, A. M., & Tsiakas, I. (2015). Carbon emissions and stock returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme. *Journal of Banking & Finance*, 58, 294–308. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.05.005>
- Park, H., Khue, P. M., & Lee, J. (2024). The effects of carbon emissions trading on profitability and value: Evidence from Korean listed firms. *Journal of International Financial Management & Accounting*, 35(3), 760–799. <https://doi.org/10.1111/jifm.12211>
- Pearse, R., & Böhm, S. (2014). Ten reasons why carbon markets will not bring about radical emissions reduction. *Carbon Management*, 5(4), 325–337. <https://doi.org/10.1080/17583004.2014.990679>
- Porter, M. E., & Linde, C. Van Der. (1995). *Toward a New Conception of the Relationship*. 9(4), 97–118.
- Putu Dian Pusparini, I Gede Widyana, Salsabila Zera Pharresia, & M. Hit Fawlung. (2023). Analisis Penerapan Pajak Karbon Dan Ulez Terhadap Penurunan Emisi Karbon Di Indonesia. *Jurnal Pajak Indonesia*, 7(1), 57–66.
- Rocha, J., Oliveira, S., Viana, C. M., & Ribeiro, A. I. (2022). Climate change and its impacts on health, environment and economy. In *One Health* (pp. 253–279). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822794-7.00009-5>
- Sekretariat Kabinet RI. (2024). *Luncurkan Bursa Karbon Indonesia, Presiden: Kontribusi Nyata Indonesia Hadapi Perubahan Iklim*. <https://setkab.go.id/>
- Tanveer, U., Ishaq, S., & Hoang, T. G. (2024). Enhancing Carbon Trading Mechanisms through Innovative Collaboration: Case Studies from Developing Nations. *Journal of*

Cleaner Production, 144122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144122>

Wang, E., Nie, J., & Zhan, H. (2022). The Impact of Carbon Emissions Trading on the Profitability and Debt Burden of Listed Companies. *Sustainability*, 14(20), 13429. <https://doi.org/10.3390/su142013429>

Wang, K., Zhang, X., Yu, X., Wei, Y.-M., & Wang, B. (2016). Emissions trading and abatement cost savings: An estimation of China's thermal power industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1005–1017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.051>