

**Perkembangan Riset Panas Buang Geothermal berdasarkan
Integrasi Analisis Bibliometrik dan Tinjauan Pustaka Sistematis**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

Oleh

RENDY SIDHARTA

NIM : 2023910008

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)




**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, 3 Juni 2025




Rendy Sidharta
NIM : 2023910008



ABSTRAK

Pemanfaatan energi panas buang dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) menjadi topik yang semakin penting dalam upaya meningkatkan efisiensi energi. Panas buang dari PLTP belum dimanfaatkan secara optimal, yang sebenarnya masih memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembangkitan listrik sekunder ataupun pengeringan produk pertanian. Penelitian terkait pemanfaatan panas buang menunjukkan peningkatan, namun masih terdapat kesenjangan terkait metode dan teknologi yang efektif.

Penelitian ini menggunakan pendekatan integrasi antara analisis bibliometrik dan tinjauan pustaka sistematis (B-SLR) untuk mengevaluasi tren penelitian global mengenai pemanfaatan panas buang. Data diperoleh dari basis data Scopus, dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer dan biblioMagika untuk mengidentifikasi pola publikasi, kolaborasi ilmiah, serta temuan utama. Tinjauan pustaka sistematis dilakukan untuk mengelaborasi hasil bibliometrik dengan pembahasan mendalam mengenai teknologi pemanfaatan panas buang.

Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian panas buang mengalami pertumbuhan pesat. Teknologi pemanfaatan panas buang yang dominan dalam literatur mencakup siklus *Organic Rankine Cycle (ORC)*, serta pemanfaatan langsung untuk pemanasan dan/atau pengeringan. Selain itu, hasil tinjauan pustaka sistematis mengungkap bahwa meskipun banyak teknologi telah dikembangkan, implementasinya masih menghadapi tantangan teknis dan ekonomis, termasuk efisiensi termal yang terbatas,

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa pemanfaatan panas buang geothermal merupakan bidang yang berkembang dengan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi kendala teknis dan ekonomis guna mempercepat adopsi teknologi. Integrasi metode B-SLR dalam studi ini memberikan wawasan komprehensif mengenai tren penelitian serta arah pengembangan teknologi di masa depan.

Kata kunci: Panas buang geothermal, analisis bibliometrik, tinjauan pustaka sistematis, efisiensi energi

ABSTRACT

The utilization of waste heat energy from Geothermal Power Plants (GPPs) has become an increasingly critical topic in efforts to enhance energy efficiency. Waste heat from GPPs remains underutilized, despite its significant potential for various applications, including secondary electricity generation and agricultural product drying. Research on waste heat utilization has been increasing; however, there remain gaps concerning effective methods and technologies.

This study employs an integrated approach combining bibliometric analysis and a systematic literature review (B-SLR) to assess global research trends on waste heat utilization. Data were retrieved from the Scopus database and analyzed using VOSviewer software and biblioMagika to identify publication patterns, scientific collaborations, and key findings. A systematic literature review was conducted to elaborate on the bibliometric results with an in-depth discussion of waste heat utilization technologies.

The bibliometric analysis indicates a rapid growth in research on waste heat utilization. The dominant technologies discussed in the literature include the Organic Rankine Cycle (ORC) and direct utilization for heating and/or drying applications. Moreover, the systematic literature review reveals that while numerous technologies have been developed, their implementation still faces technical and economic challenges, including limited thermal efficiency.

This study confirms that geothermal waste heat utilization is an evolving field with significant potential to enhance energy efficiency. However, further research is required to address technical and economic barriers and accelerate the adoption of more efficient technologies. The integration of the B-SLR method in this study provides a comprehensive perspective on research trends and future directions for technology development.

Keywords: *Geothermal waste heat, bibliometric analysis, systematic literature review, energy efficiency*

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

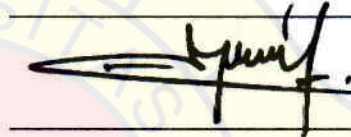
Judul Tesis : Perkembangan Riset Panas Buang Geothermal berdasarkan Integrasi Analisis Bibliometrik dan Tinjauan Pustaka Sistematis.
Nama : Rendy Sidharta
NIM : 2023910008

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Sc
(Pembimbing Utama/Penguji)



Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.
(Anggota/Penguji)



Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat
(Anggota/Penguji)



Dr. Asy'ari Daryus, MT
(Anggota/Penguji)



Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.)



(Dr. Ir As Natio Lasman)

Tanggal Ujian :
Tanggal Yudisium :

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan penghargaan atas segala karunia, bimbingan, dan kesempatan yang memungkinkan penyusunan tesis ini yang berjudul *"Perkembangan Riset Panas Buang Geothermal berdasarkan Integrasi Analisis Bibliometrik dan Tinjauan Pustaka Sistematis."*

Tesis ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada. Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu September 2024 hingga Februari 2025, dengan dukungan penuh dari berbagai pihak dan menggunakan dana pribadi tanpa melibatkan sumber pendanaan eksternal.

Penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., selaku pembimbing utama, atas arahan, saran, dan dukungan yang diberikan selama proses penyusunan tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. As Natio Lasman dan Dr. Ir. Jatmiko Prio Atmojo, M.Eng., selaku pembimbing anggota, yang telah memberikan masukan dan bimbingan teknis yang sangat membantu dalam menyempurnakan karya ini. Selain itu, penghargaan disampaikan kepada para dosen serta staf administrasi di Program Pascasarjana Universitas Darma Persada atas dukungan akademik maupun administratif.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa atas diskusi yang inspiratif serta dukungan moral yang berarti selama penyusunan karya ini. Tidak lupa, penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada keluarga yang senantiasa memberikan dukungan penuh, baik secara moral maupun material, selama proses studi ini berlangsung.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, dengan rendah hati, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan karya di masa mendatang.

Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi terbarukan, dan memberikan kontribusi positif bagi berbagai pihak yang berkepentingan.

RIWAYAT HIDUP

Rendy Sidharta dilahirkan di Jakarta pada tanggal 01 Oktober 1991 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak P. Simatupang dan Ibu T. Nuryeti. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Curtin University of Technology, Perth, Australia, pada tahun 2010 dan lulus dengan gelar *Bachelor of Engineering* (Environmental Engineering – Mining) pada tahun 2014 dengan predikat Honours.

Setelah menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis memulai karier profesionalnya di bidang *Health, Safety and Environment (HSE)*. Pengalaman kerja penulis meliputi berbagai posisi strategis, di antaranya sebagai Corporate HSE di PT Bayan Resources Tbk (2014–2016), Site HSE di Sarulla Operations Ltd (2016–2018), dan HSE Engineer di PT Sejahtera Alam Energy (2018–2021). Penulis juga pernah berkontribusi sebagai *freelance HSE Specialist* dari 2021 hingga 2023, sebelum akhirnya menjabat sebagai Head of HSE Department di PT Daya Mas Geopatra Pangrango sejak Juli 2023.

Selama kariernya, penulis telah terlibat dalam pengelolaan sistem HSE untuk proyek-proyek eksplorasi panas bumi, penyusunan laporan lingkungan, serta pengembangan dan pelaksanaan rencana tanggap darurat. Pengalaman profesional ini dilengkapi dengan berbagai sertifikasi, seperti *NEBOSH International General Certificate*, *Geothermal Operation Supervisor (POM)*, dan kursus lainnya seperti ISO 45001:2018.

Pengalaman dan keahlian yang dimiliki penulis diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif, baik dalam dunia akademik maupun profesional, terutama dalam mendukung pengembangan sektor energi terbarukan dan pengelolaan lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkah, rahmat, dan karunia-Nya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kekuatan, kesabaran, serta kesempatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis ini yang berjudul "Perkembangan Riset Panas Buang Geothermal berdasarkan Integrasi Analisis Bibliometrik dan Tinjauan Pustaka Sistematis."

Dengan penuh rasa hormat dan penghargaan, penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., selaku Ketua Tim Pembimbing, atas bimbingan, arahan, saran, dan nasihat yang telah diberikan dengan tulus selama proses penelitian dan penulisan tesis ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. As Natio Lasman dan Dr. Ir. Jatmiko Prio Atmojo, M.Eng., selaku Anggota Tim Pembimbing, atas kritik, saran, dan dukungannya yang sangat berarti dalam menyempurnakan karya ini.

Terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan staf di Program Pascasarjana Universitas Darma Persada, yang telah memberikan dukungan akademik maupun administratif selama masa studi. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada kolega di bidang HSE dan energi terbarukan atas inspirasi, masukan, serta motivasi yang terus mendorong penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Penulis tidak lupa menyampaikan penghargaan yang mendalam kepada keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti selama proses penelitian dan penulisan tesis ini berlangsung.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	1
ABSTRAK	2
ABSTRACT	3
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS	4
KATA PENGANTAR.....	4
RIWAYAT HIDUP.....	6
BAB 1 PENDAHULUAN.....	13
1.1 LATAR BELAKANG	13
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	16
1.3 TUJUAN PENELITIAN	16
1.4 RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	17
1.5 HIPOTESIS	17
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	18
1.6 PRINSIP DASAR PLTP.....	18
1.6.1 Sistem PLTP dan jenisnya	19
1.6.2 Prinsip Termodinamik pada Sistem Geothermal.....	23
1.7 KONSEP DASAR PANAS BUANG GEOTHERMAL.....	24
1.7.1 Definisi Panas Buang.....	24
1.7.2 Konsep Pemanfaatan Panas Buang	26
1.8 METODE ANALISIS DALAM STUDI PANAS BUANG GEOTHERMAL	33
1.8.1 Analisis Bibliometrik.....	33
1.8.2 Tinjauan Pustaka Sistematis.....	36
1.8.3 Integrasi Analisis Bibliometrik - Tinjauan Pustaka Sistematis.....	36
1.9 TREN PENELITIAN PANAS BUANG GEOTHERMAL.. ERROR! BOOKMARK NOT	
DEFINED.	
1.9.1 Sejarah Perkembangan Penelitian Panas Buang	29
1.9.2 Inovasi Teknologi dalam Pemanfaatan Panas Buang.....	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	38

1.10	LOKASI DAN WAKTU RISET	38
1.11	SUMBER DATA DAN KUALITAS DATA	38
1.12	METODE	39
1.13	ALUR PENELITIAN	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		53
1.14	HASIL ANALISIS BIBLIOMAGIKA	53
1.14.1	Publikasi berdasarkan penulis	59
1.14.2	Hukum Lotka.....	60
1.14.3	Publikasi berdasarkan Institusi	60
1.14.4	Publikasi berdasarkan negara	61
1.14.5	Analisis kaca kunci	63
1.15	HASIL ANALISIS VOSVIEWER.....	65
1.15.1	Hasil analisis co-citation	65
1.15.2	Hasil analisis Bibliocoupling.....	67
1.15.3	Hasil analisis co-occurence	69
1.16	TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS	77
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		84
1.17	KESIMPULAN.....	84
1.18	SARAN.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kapasitas terpasang PLTP di dunia	14
Gambar 2 Konsep pemanfaatan energi geothermal.....	18
Gambar 3 Siklus uap kering	19
Gambar 4 <i>Binary cycle</i>	21
Gambar 5 PLTP siklus kombinasi	25
Gambar 6 Geothermal dryhouse pengering biji kopi	27
Gambar 7 Ilustrasi fungsi boolean operator	35
Gambar 8 Alur penelitian metode B-SLR	40
Gambar 9 Fitur program biblioMagika® by Aidi Ahmi.....	47
Gambar 10 Konsep tinjauan pustaka sistematis	51
Gambar 11 Total publikasi dan sitasi berdasarkan tahun	56
Gambar 12 Pertumbuhan kumulatif publikasi.....	57
Gambar 13 Hasil analisis Hukum Lotka.....	60
Gambar 14 Ilustrasi publikasi berdasarkan negara.....	63
Gambar 15 Jumlah dokumen berdasarkan <i>author keywords</i>	63
Gambar 16 Jumlah dokumen berdasarkan <i>index keywords</i>	63
Gambar 17 Hasil analisis <i>co-citation</i>	65
Gambar 18 Hasil analisis biblio-coupling.....	67
Gambar 19 Analisis <i>co-occurrence</i>	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Parameter PLTP di Indonesia	14
Tabel 2 Sistem PLTP terpasang di Indonesia.....	22
Tabel 3 Perbandingan waktu pengeringan [19].....	27
Tabel 4 Fasilitas pemanfaatan panas buang di Indonesia	28
Tabel 5 Perkembangan teknologi ORC oleh Ormat Technologies Inc.....	30
Tabel 6 Informasi utama dari data yang dipakai	54
Tabel 7 Bidang studi penelitian.....	55
Tabel 8 Jenis data yang digunakan	55
Tabel 9 Dokumen paling banyak disitasi	58
Tabel 10 Publikasi berdasarkan penulis.....	59
Tabel 11 Publikasi berdasarkan institusi.....	61
Tabel 12 Publikasi berdasarkan negara.....	62
Tabel 13 Karakteristik fluida kerja	82

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan	Pemakaian pertama kali pada halaman
PLTP	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	14
ORC	Organic Rankine Cycle	15
TEG	Thermoelectric Generators	15
JOC	Join Operation Contract	22
ODP	Ozone Depletion Potential	71
GWP	Global Warming Potential	71
HFC	Hydrofluorocarbon	71
HFO	Hydrofluoroolefin	71

