

**PENGARUH PENAMBAHAN NITROGEN-DOPED GRAPHENE QUANTUM
DOTs TERHADAP KINERJA MATERIAL TERMOELEKTRIK Bi_2Te_3
MENGUNAKAN METODE *CARBON BURIAL SINTERING***

SKRIPSI

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika Kelompok Bidang Kajian Fisika Material



Oleh

Rahayu Gustia Rachman

2001324

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2024

PENGARUH PENAMBAHAN NITROGEN-DOPED GRAPHENE QUANTUM
DOTs TERHADAP KINERJA MATERIAL TERMOELEKRIK Bi_2Te_3
MENGUNAKAN METODE CARBON BURIAL SINTERING

Oleh

Rahayu Gustia Rachman

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika Departemen Pendidikan Fisika

Konsentrasi Fisika Material

FPMIPA UPI

© Rahayu Gustia Rachman

Universitas Pendidikan Indonesia

September 2024

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

Rahayu Gustia Rachman

PENGARUH PENAMBAHAN NITROGEN-DOPED GRAPHENE QUANUM
DOTs TERHADAP KINERJA MATERIAL TERMOELEKRIK Bi_2Te_3
MENGUNAKAN METODE CARBON BURIAL SINTERING

Disetujui dan disahkan oleh:

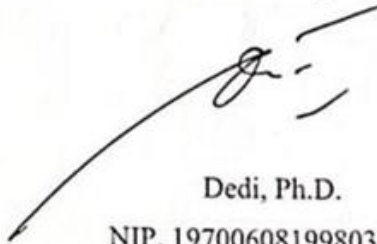
Pembimbing I



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

Pembimbing II



Dedi, Ph.D.

NIP. 197006081998031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN NITROGEN-DOPED GRAPHENE QUANTUM DOTs TERHADAP KINERJA MATERIAL TERMOELEKRIK Bi_2Te_3 MENGGUNAKAN METODE CARBON BURIAL SINTERING” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan

Rahayu Gustia Rachman

NIM. 2001324

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Nitrogen-Doped Graphene Quantum Dots Terhadap Kinerja Material Termoelektrik Bi_2Te_3 Menggunakan Metode Carbon Burial Sintering” dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Kelompok Bidang Kajian Fisika Material.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang fisika material.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

Bandung, Agustus 2024

Rahayu Gustia Rachman

NIM. 2001324

UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik. Dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengakui bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari doa, bimbingan, dorongan, serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Para orang tua tercinta, Ibu, Abah, Mama, khususnya Ibu Aam Kurniasih sebagai sumber kekuatan dan motivasi terbesar bagi penulis. Terimakasih atas cinta, kasih sayang, pengorbanan, doa, serta dukungan moril dan materil yang tak terhingga.
2. Ibu Prof. Dr. Lilik Hasanah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah menjadi sosok orang tua yang senantiasa memberikan arahan, dukungan, dan perhatian dalam setiap aktivitas perkuliahan yang penulis jalani.
3. Bapak Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, sekaligus Ketua Program Studi Fisika yang senantiasa membimbing, memberikan masukan, kritik, serta saran yang membangun sejak awal penelitian hingga tahap akhir penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dedi, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II, sekaligus pembimbing di BRIN yang telah memberi arahan, kritik, dan saran sejak dimulainya penelitian hingga akhir penulisan skripsi.
5. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), selaku penyedia fasilitas layanan riset selama proses penelitian.
6. Teman-teman BRIN terdiri dari Risky, Sulis, Revanya, Riska, Mala, Evi, dan Ica selaku rekan program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (BRIN).
7. Teman-teman “Kang Sayur” terdiri dari Bintang, Wida, dan Dhinda, yang senantiasa menjadi teman baik semenjak awal perkuliahan berlangsung.

8. Sahabat-sahabat terdiri dari Sinda, Shaumil, Tania, dan Syifa, yang selalu memberi dukungan dan menjadi tempat untuk bercerita dikala senang maupun susah semenjak sekolah menengah.
9. Diri sendiri yang sudah berjuang keras sampai di titik ini. Meskipun sering kali menghadapi tantangan dan kebingungan, akhirnya semua bisa melewati dengan baik. Terimakasih telah tetap berusaha, menjaga semangat, dan tidak menyerah di tengah jalan. Semoga ini menjadi langkah awal menuju pencapaian yang lebih besar di masa depan.

ABSTRAK

Sifat termoelektrik dari Bismuth Telluride (Bi_2Te_3) yang dimodifikasi dengan berbagai konsentrasi Nitrogen-doped Graphene Quantum Dots (N-GQDs) telah diteliti dan disajikan. Material komposit $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$ disintesis dan dikarakterisasi dengan menggunakan *Light Flash Apparatus* (LFA) dan LSR-4 untuk mengevaluasi konduktivitas termal, konduktivitas listrik, dan koefisien Seebeck, yang merupakan parameter kunci dalam performa material termoelektrik. Peningkatan nilai *Figure of Merit* (ZT) yang signifikan dari 1,06 (untuk Bi_2Te_3 pristine) menjadi 2,03 (untuk $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0,5\%$ N-GQDs) pada suhu 475 K menunjukkan bahwa penambahan N-GQDs dapat secara efektif meningkatkan efisiensi konversi energi panas menjadi listrik. Metode sintesis yang digunakan termasuk solid-state reaction yang diikuti oleh *carbon burial sintering* (CBS) untuk memastikan integrasi N-GQDs yang baik dalam matriks Bi_2Te_3 . Penurunan konduktivitas termal yang diamati didominasi oleh scattering phonon di antarmuka dan batas butir yang terbentuk, sementara peningkatan koefisien Seebeck disebabkan oleh modifikasi densitas keadaan *density of states* (DOS) dan pengaruh N-GQDs yang memperbaiki efisiensi transportasi muatan pada konsentrasi yang optimal. Hasil ini menunjukkan potensi besar material $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$ untuk aplikasi dalam perangkat termoelektrik, seperti generator termoelektrik dan modul pendingin, di mana efisiensi tinggi dalam konversi energi sangat penting.

Kata Kunci: Termoelektrik; Bismuth Telluride; Nitrogen-doped Graphene Quantum Dots.

ABSTRACT

The thermoelectric properties of bismuth telluride (Bi_2Te_3) modified with varying concentrations of Nitrogen-doped Graphene Quantum Dots (N-GQDs) are systematically investigated. The $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$ composite materials are synthesized and characterized using Light Flash Apparatus (LFA) and LSR-4 to assess thermal conductivity, electrical conductivity, and Seebeck coefficient, which are all critical thermoelectric performance parameters. A substantial increase in the figure of merit (ZT) from 1.06 (for pristine Bi_2Te_3) to 2.03 (for $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.5\%$ N-GQDs) at 475 K demonstrates that the incorporation of N-GQDs significantly enhances the efficiency of converting thermal energy into electricity. The synthesis process involves a solid-state reaction followed by carbon burial sintering (CBS) to ensure the effective integration of N-GQDs into the Bi_2Te_3 matrix. The reduction in thermal conductivity observed is primarily due to phonon scattering at interfaces and grain boundaries, while the increase in the Seebeck coefficient is linked to modifications in the density of states and the impact of N-GQDs, which improve charge transport efficiency at optimal concentrations. These results underscore the considerable potential of $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$ materials for use in thermoelectric devices, such as thermoelectric generators and cooling modules, where high energy conversion efficiency is essential.

Keywords: *Thermoelectric; Bismuth Telluride; Nitrogen-doped Graphene Quantum Dots.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	6
1.3 Batasan Masalah Penelitian.....	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Termoelektrik	9
2.2 Sejarah Termoelektrik	10
2.3 Prinsip Kerja Termoelektrik	12
2.4 Efek Termoelektrik.....	13
2.4.1 Efek Seebeck.....	13
2.4.2 Efek Peltier.....	14
2.4.3 Efek Thomson	14

2.5	Struktur Bi_2Te_3 (Bismuth Telluride)	15
2.6	Struktur N-GQDs (Nitrogen Doped Graphene Quantum Dots)	17
2.7	Metode Carbon Burial Sintering	18
BAB III METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2	Desain Penelitian	20
3.3	Instrumen Penelitian	20
3.4	Alat dan Bahan	21
3.5	Prosedur Penelitian	25
3.5.1	Sintesis N-GQDs	25
3.5.2	Sintesis $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	28
3.6	Karakterisasi Sampel Penelitian	33
3.6.1	Light Flash Apparatus (LFA)	33
3.6.2	Linseis LSR-4	34
3.6.3	X-Ray Diffraction (XRD)	35
3.6.4	Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS).....	36
3.7	Analisis Data Penelitian	36
3.7.1	Analisis X-Ray Diffraction (XRD)	36
3.7.2	Analisis Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)	37
3.7.3	Analisis Light Flash Apparatus (LFA).....	37
3.7.4	Analisis Linseis LSR-4	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	X-Ray Diffraction (XRD).....	38

4.2	Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)	44
4.3	Sifat Termoelektrik.....	47
4.3.1	Konduktivitas Listrik	47
4.3.2	Koefisien Seebeck.....	49
4.3.3	Power Factor	51
4.3.4	Konduktivitas Termal.....	52
4.3.5	Weighted Mobility	54
4.3.6	Figure of Merit (ZT).....	55
BAB V PENUTUP.....		57
5.1	Simpulan.....	57
5.2	Implikasi	58
5.3	Rekomendasi	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan semikonduktor pada termoelektrik (Puspita dkk., 2017).....	9
Gambar 2.2 Prinsip kerja termoelektrik (Ryanuargo dkk., 2014).....	12
Gambar 2.3 Efek Seebeck (Alasshkar & Alami, 2021)	13
Gambar 2.4 Struktur kristal Bi ₂ Te ₃ (Q. Zhang dkk., 2020)	15
Gambar 2.5 Grafik batang berbagai nilai ZT dari Bi ₂ Te ₃ yang diperoleh dari peneliti sebelumnya.....	16
Gambar 2.6 Struktur N-GQDs (Ajayan Group/Rice University).....	17
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	25
Gambar 3.2 Proses pencampuran bahan dengan alat magnetic stirrer.....	26
Gambar 3.3 Autoklaf yang digunakan dalam penelitian.....	26
Gambar 3.4 N-GQDs hasil solvothermal	26
Gambar 3.5 Hasil presipitasi dengan ethanol.....	27
Gambar 3.6 Endapan hasil sentrifugasi.....	27
Gambar 3.7 N-GQDs sebelum freeze drying	28
Gambar 3.8 Proses freeze drying	28
Gambar 3.9 N-GQDs setelah freeze drying dan pengerikan.....	28
Gambar 3.10 Proses penghalusan Bi ₂ Te ₃	29
Gambar 3.11 Proses penyaringan serbuk Bi ₂ Te ₃ dengan sieve shaker 400 mesh .	29
Gambar 3.12 Proses pencampuran Bi ₂ Te ₃	30
Gambar 3.13 Proses pencetakan sampel dengan mesin kompaksi	30
Gambar 3.14 Proses penguburan sampel dalam karbon	31
Gambar 3.15 Sampel dalam furnace Naberterm	31
Gambar 3.16 Sampel setelah dibakar	31
Gambar 3.17 Pembersihan sampel menggunakan ultrasonik cleaner.....	32
Gambar 3.18 Proses mengamplas sampel.....	32
Gambar 3.19 Proses pengeringan sampel dengan heater gun	32
Gambar 3.20 Proses pemotongan sampel Bi ₂ Te ₃ /N-GQDs	33
Gambar 3.21 Potongan sampel Bi ₂ Te ₃ /N-GQDs.....	33
Gambar 3.22 (a) Alat LSR-4 Linseis, dan (b) Pemasangan sampel pada holder Linseis LSR-4	35

Gambar 4.1 Pola XRD dari Bi_2Te_3 pristine dan sampel komposit $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	38
Gambar 4.2 Analisis pergeseran puncak tertinggi pada pola difraksi $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	39
Gambar 4.3 Analisis pelebaran puncak tertinggi pada pola difraksi $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	39
Gambar 4.4 Data nilai FWHM Bi_2Te_3 pristine dan Bi_2Te_3 komposit.....	40
Gambar 4.5 Struktur kristal a) Hasil sintesis, b) PDF 4 - 00-015-0863, dan c) COD 96-901-1962	43
Gambar 4.6 SEM dengan perbesaran 1 μm dan rasio Bi dan Te sebagai hasil EDS untuk sampel (a) Bi_2Te_3 Pristine, (b) $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.1\%$ N-GQDs, (c) $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.3\%$ N-GQDs, (d) $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.5\%$ N-GQDs, dan (e) $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.7\%$ N-GQDs.....	44
Gambar 4.7 EDS mapping untuk sampel $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.5\%$ N-GQDs	46
Gambar 4.8 Grafik konduktivitas listrik dari Bi_2Te_3 pristine dan $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	47
Gambar 4.9 Grafik koefisien Seebeck dari Bi_2Te_3 pristine dan $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$. 49	
Gambar 4.10 Grafik power factor dari Bi_2Te_3 pristine dan $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	51
Gambar 4.11 Grafik (a) Lorentz Number, (b) bagian elektronik dari konduktivitas termal, (c) bagian fonon terhadap konduktivitas termal, dan (d) konduktivitas termal total untuk seluruh variasi sampel $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	53
Gambar 4.12 Grafik weight mobility dari Bi_2Te_3 pristine dan $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$..	54
Gambar 4.13 Grafik Nilai figure of merit (ZT) dari Bi_2Te_3 pristine dan $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	55
Gambar 4.14 Grafik perbandingan nilai ZT dari penelitian sebelumnya dengan penelitian saat ini.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Instrumen Penelitian	21
Tabel 3.2 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	22
Tabel 3.3 Bahan yang digunakan dalam penelitian	24
Tabel 3.4 Rasio berat bahan yang digunakan untuk sampel komposit $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	29
Tabel 4.1 Ukuran kristalit dan kristalinitas $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	41
Tabel 4.2 Data Parameter Kisi Hasil Analisis GSAS II dan VESTA	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan utama membuat sampel $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{N-GQDs}$	64
Lampiran 2 Pengolahan Data GSAS	65

DAFTAR PUSTAKA

- . R., Anwar, S., & Sari, S. P. (2014). Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 10(4), 180–185. <https://doi.org/10.17529/jre.v10i4.1108>
- Ahmad, K., Wan, C., Al-Eshaikh, M. A., & Kadachi, A. N. (2019). Enhanced thermoelectric performance of Bi₂Te₃ based graphene nanocomposites. *Applied Surface Science*, 474(October 2018), 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.10.163>
- Alami, A. H., El Hajjar, J., El Qadri, L., & Alhammadi, A. (2017). Enhancement of Transparent Conductive Electrodes for Third Generation Photovoltaics. *Energy Procedia*, 119, 891–897. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.142>
- Alami, A. H., Zhang, D., Aokal, C., Abed, J., Abdoun, I. A., & Alawadhi, H. (2016). Influence of Magnetic Field on the Mesoporous Structure of Fe-Cu Compounds in Dye-Sensitized Photovoltaic Cells. *Journal of Labor Research*, 3(1), 37–45. <https://doi.org/10.1007/S40553-016-0067-Z>
- Bolghanabadi, N., Sajjadi, S. A., Babakhani, A., & Saberi, Y. (2021). Effects of Synthesis Parameters and Thickness on Thermoelectric Properties of Bi₂Te₃ Fabricated Using Mechanical Alloying and Spark Plasma Sintering. *Journal of Electronic Materials*, 50(3), 1331–1339. <https://doi.org/10.1007/s11664-020-08656-z>
- Dai, Y., Long, H., Wang, X., Wang, Y., Gu, Q., Jiang, W., Wang, Y., Li, C., Zeng, T. H., Sun, Y., & Zeng, J. (2014). Versatile graphene quantum dots with tunable nitrogen doping. *Particle and Particle Systems Characterization*, 31(5), 597–604. <https://doi.org/10.1002/ppsc.201300268>
- Dresselhaus, M. S., Chen, G., Tang, M. Y., Yang, R., Lee, H., Wang, D., Ren, Z., Fleurial, J. P., & Gogna, P. (2007). New directions for low-dimensional thermoelectric materials. *Advanced Materials*, 19(8), 1043–1053. <https://doi.org/10.1002/adma.200600527>
- Fauzie, M. A., Ali, M., Ali, H., Veranika, R. M., & Darmawan, R. (2022). Perancangan Dan Pembuatan Alat Pendingin Air Aquascape Dengan Kapasitas Air 10 Liter. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 10(2).

<https://doi.org/10.52333/destek.v10i2.945>

- Gayner, C., & Kar, K. K. (2016). Recent advances in thermoelectric materials. *Progress in Materials Science*, 83, 330–382. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2016.07.002>
- Gayner, C., Sharma, R., Malik, I., Kumar, M., Singh, S., Kumar, K., Tahalyani, J., Srivastava, T., Kar, K. K., Yokoi, H., & Naskar, A. K. (2022). Enhanced thermoelectric performance of PbSe-graphene nanocomposite manufactured with acoustic cavitation induced defects. *B Nano Energy* (Tom 94). <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2022.106943>
- Haryanto, H., Makhsum, M. R., Saraswati, I., & Penelitian, A. M. (2004). *Perancangan Modul Termoelektrik Generator*. 26–37.
- Jabeen, G., Ahmad, M. H., Aslam, M., Riaz, S., Hayat, A., & Nawaz, M. H. (2022). N-Doped graphene quantum dots (N-GQDs) as fluorescent probes for detection of UV induced DNA damage. *RSC Advances*, 12(35), 22458–22464. <https://doi.org/10.1039/d2ra04462e>
- Khalid, M., Syukri, M., & Gapy, M. (2016). Tanemakizo. *Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik*, 1(3), 57–62.
- Khoso, N. A., Jiao, X., Guangyu, X., Tian, S., & Wang, J. (2021). Enhanced thermoelectric performance of graphene based nanocomposite coated self-powered wearable e-textiles for energy harvesting from human body heat. *RSC Advances*, 11(27), 16675–16687. <https://doi.org/10.1039/d0ra10783b>
- Kristiantoro, T., Dedi, & Fauzia, V. (2019). Synthesis and Characterization of Bi₂Te₃ Thermoelectric Material Using the Cold Pressing and Sintering Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 553(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/553/1/012033>
- Kristiantoro, T., Dedi, & Fauzia, V. (2021). The influence of Dy concentration on the thermoelectric properties of n-type Dy-doped Bi₂Te₃ pellets prepared by hydrothermal and carbon burial sintering. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 158(January), 110241. <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2021.110241>
- Larson, P., Mahanti, S., & Kanatzidis, M. (2000). Electronic structure and transport of and. *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, 61(12),

Rahayu Gustia Rachman, 2024

PENGARUH PENAMBAHAN NITROGEN-DOPED GRAPHENE QUANTUM DOTs TERHADAP KINERJA MATERIAL TERMOELEKTRIK Bi₂Te₃ MENGGUNAKAN METODE CARBON BURIAL SINTERING

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

8162–8171. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.61.8162>

- Li, S., Fan, T., Liu, X., Liu, F., Meng, H., Liu, Y., & Pan, F. (2017). Graphene quantum dots embedded in Bi₂Te₃ nanosheets to enhance thermoelectric performance. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 9(4), 3677–3685. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b14274>
- Li, Y., Zhao, Y., Cheng, H., Hu, Y., Shi, G., Dai, L., & Qu, L. (2012). Nitrogen-doped graphene quantum dots with oxygen-rich functional groups. *Journal of the American Chemical Society*, 134(1), 15–18. <https://doi.org/10.1021/ja206030c>
- Liang, Y., Lu, C., Ding, D., Zhao, M., Wang, D., Hu, C., Qiu, J., Xie, G., & Tang, Z. (2015). Capping nanoparticles with graphene quantum dots for enhanced thermoelectric performance. *Chemical Science*, 6(7), 4103–4108. <https://doi.org/10.1039/c5sc00910c>
- Liu, D., Zhang, Y., Kang, H., Li, J., Chen, Z., & Wang, T. (2018). Direct preparation of La-doped SrTiO₃ thermoelectric materials by mechanical alloying with carbon burial sintering. *Journal of the European Ceramic Society*, 38(2), 807–811. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2017.09.022>
- Mamur, H., Bhuiyan, M. R. A., Korkmaz, F., & Nil, M. (2018). 熱電応用のためのテルル化ビスマス(Bi₂Te₃)ナノ構造に関するレビュー. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(October 2017), 4159–4169.
- Manikandan, A., Chen, Y. Z., Shen, C. C., Sher, C. W., Kuo, H. C., & Chueh, Y. L. (2019). A critical review on two-dimensional quantum dots (2D QDs): From synthesis toward applications in energy and optoelectronics. *Progress in Quantum Electronics*, 68(xxxx), 100226. <https://doi.org/10.1016/j.pquantelec.2019.100226>
- Mu, X., Zhou, J., Wang, P., Chen, H., Yang, T., Chen, S., Miao, L., & Mori, T. (2022). A robust starch-polyacrylamide hydrogel with scavenging energy harvesting capacity for efficient solar thermoelectricity-freshwater cogeneration. *Energy and Environmental Science*, 15(8), 3388–3399. <https://doi.org/10.1039/d2ee01394k>
- Prabhu, S. A., Kavithayeni, V., Suganthi, R., & Geetha, K. (2021). Graphene quantum dots synthesis and energy application: a review. *Carbon Letters*,

Rahayu Gustia Rachman, 2024

PENGARUH PENAMBAHAN NITROGEN-DOPED GRAPHENE QUANTUM DOTs TERHADAP KINERJA MATERIAL TERMOELEKTRIK Bi₂Te₃ MENGGUNAKAN METODE CARBON BURIAL SINTERING

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 31(1). <https://doi.org/10.1007/s42823-020-00154-w>
- Putra, N., Koestoer, R. A., Adhitya, M., Roekettino, A., & Trianto, B. (2009). Kendaraan Hibrid. *Makara teknologi*, 13(2), 53–58.
- Rizaldi, R., & Edahwati, L. (2022). Analisa Termoelektrik Generator Dan Motor DC + Kipas Dengan Perbedaan Alas Konduktor Dari Sumber Energi Panas. *Jurnal Flywheel*, 13(2), 14–22. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v13i2.5853>
- Saha, R., Gupta, K., & Gómez García, C. J. (2024). Strategies to Improve Electrical Conductivity in Metal-Organic Frameworks: A Comparative Study. *Crystal Growth and Design*, 24(5), 2235–2265. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.3c01162>
- Sharma, V., Kagdada, H. L., & Jha, P. K. (2020). Four-fold enhancement in the thermoelectric power factor of germanium selenide monolayer by adsorption of graphene quantum dot. *Energy*, 196, 117104. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117104>
- Siddique, A. B., Morrison, K., Venkat, G., Pramanick, A. K., Banerjee, N., & Ray, M. (2021). Charge Transport through Functionalized Graphene Quantum Dots Embedded in a Polyaniline Matrix. *ACS Applied Electronic Materials*, 3(3), 1437–1446. <https://doi.org/10.1021/acsaelm.1c00057>
- Snyder, G. J., Snyder, A. H., Wood, M., Gurunathan, R., Snyder, B. H., & Niu, C. (2020). Weighted Mobility. *Advanced Materials*, 32(25), 1–5. <https://doi.org/10.1002/adma.202001537>
- Witting, I. T., Chasapis, T. C., Ricci, F., Peters, M., Heinz, N. A., Hautier, G., & Snyder, G. J. (2019). The Thermoelectric Properties of Bismuth Telluride. *Advanced Electronic Materials*, 5(6), 1–20. <https://doi.org/10.1002/aelm.201800904>
- Wu, K. J., Tse, E. C. M., Shang, C., & Guo, Z. (2022). Nucleation and growth in solution synthesis of nanostructures – From fundamentals to advanced applications. *Progress in Materials Science*, 123, 100821. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2021.100821>
- Yan, Y., Gong, J., Chen, J., Zeng, Z., Huang, W., Pu, K., Liu, J., & Chen, P. (2019). Recent Advances on Graphene Quantum Dots: From Chemistry and Physics to Applications. *Advanced Materials*, 31(21), 1–22.

<https://doi.org/10.1002/adma.201808283>

Zhang, G., & Zhang, Y. W. (2017). Thermoelectric properties of two-dimensional transition metal dichalcogenides. *Journal of Materials Chemistry C*, 5(31), 7684–7698. <https://doi.org/10.1039/c7tc01088e>

Zhang, L., Cao, Z., Fu, Q. Q., Li, C. Y., Du, Y. Q., Li, Y. N., La, T., Zhang, D. B., & Wang, J. (2024). Thermoelectric properties of Yb-La-Nb-doped SrTiO₃. *Journal of the European Ceramic Society*, 44(3), 1647–1653. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.10.028>

Zheng, J. C. (2008). Recent advances on thermoelectric materials. *Frontiers of Physics in China*, 3(3), 269–279. <https://doi.org/10.1007/s11467-008-0028-9>

Zheng, X. F., Liu, C. X., Yan, Y. Y., & Wang, Q. (2014). A review of thermoelectrics research - Recent developments and potentials for sustainable and renewable energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32(May), 486–503. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.053>