

Desain dan Simulasi Sel Surya Perovskite Berbasis $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ Menggunakan Graphene Oxide sebagai Material Pengangkut Hole

Eri Widiyanto^{1,*}, Rizal Hanifi¹, Kardiman¹, Vita Efelina²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang,

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang,

Jln. H.S. Ronggowaluyo Telukjambe Timur, Karawang, 41361 – Indonesia

*E-mail: eri.widiyanto@ft.unsika.ac.id

Diterima: 08-03-2022; Direvisi: 24-04-2022; Dipublikasi: 30-04-2022

Abstrak

Material *perovskite* menarik perhatian peneliti dibidang fotovoltaik karena fabrikasi mudah, sifat optoelektronik yang baik, mobilitas elektron tinggi, dan peningkatan efisiensi yang sangat signifikan dari 3.8 % pada tahun 2009 menjadi 25.5% pada tahun 2021. Namun, penggunaan logam Pb yang bersifat racun serta penggunaan material pengangkut hole (*hole transport materials, HTM*) yang mahal menjadi tantangan dalam pengembangan sel surya perovskite dalam skala besar. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan sifat-sifat fundamental pada sel surya perovskite tanpa Pb (*lead-free*) dengan $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ sebagai lapisan aktif dan graphene oxide (GO) sebagai HTM menggunakan *Solar Cell Capacitance Simulator* (SCAPS). Pada simulasi ini, analisis tentang pengaruh ketebalan perovskite dan *interface defect* perovskite/HTM terhadap karakteristik sel surya perovskite telah dilakukan. Hasil penelitian sel surya perovskite dengan konfigurasi FTO/TiO₂/CH₃NH₃SnI₃/GO/Au menunjukkan kinerja optimal dengan $J_{SC} = 31.64 \text{ mA/cm}^2$, $V_{OC} = 0.813 \text{ V}$, $FF = 74.76 \%$ dan $PCE = 19.25 \%$. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memperkirakan parameter penting dalam optimasi sel surya perovskite tanpa Pb menggunakan GO sebagai HTM. Selanjutnya, studi pemodelan ini memberikan informasi penting dalam memilih parameter material untuk pengembangan sel surya perovskite yang efisien dan dengan biaya rendah.

Kata kunci: Sel surya perovskite; MASnI_3 ; graphene oxide; SCAPS-1D

Abstract

Perovskite material has attracted the attention of researchers in the photovoltaic field because of its easy fabrication, good optoelectronic properties, high electron mobility, and a very significant increase in efficiency from 3.8% in 2009 to 25.5% in 2021. However, the use of toxic Pb metal and costly hole transport materials (HTM) represents a challenge in the large-scale development of perovskite solar cells (PSCs). This study aims to simulate the fundamental properties of lead-free PSCs with $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ as the active layer and graphene oxide (GO) as HTM using the Solar Cell Capacitance Simulator (SCAPS). In this simulation, the effect of perovskite thickness and interface defects at the perovskite/HTM on the performance of PSCs has been investigated. The results of the study of PSCs with FTO/TiO₂/CH₃NH₃SnI₃/GO/Au configuration showed optimal performance with $J_{SC} = 31.64 \text{ mA/cm}^2$, $V_{OC} = 0.813 \text{ V}$, $FF = 74.76\%$ and $PCE = 19.25\%$. Our results could be used to estimate critical parameters in optimizing lead-free PSCs using GO as the HTM. Furthermore, the modeling study gives important information in choosing material parameters to develop highly efficient low-cost PSCs in the near future.

Keywords: Perovskite solar cell; MASnI_3 ; graphene oxide; SCAPS-1D

1. Pendahuluan

Perovskite dianggap sebagai kandidat material yang menjanjikan dibidang sel surya karena memiliki sifat optoelektronik yang baik, koefisien absorpsi optik tinggi, serta suhu pemrosesan yang rendah dan murah [1–3]. Di antara berbagai jenis material perovskite, perovskite halida-logam organik-anorganik telah mendapat perhatian khusus selama bertahun-tahun karena memiliki efisiensi konversi daya (*PCE*) yang tinggi, meningkat dari 3.8% pada tahun 2009 hingga 25.5% pada tahun 2021 [4,5]. Methylamonium lead triiodida ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) telah banyak digunakan sebagai lapisan aktif sel surya perovskite. Namun, pengembangan dalam skala besar dan komersialisasi sel surya perovskite berbasis $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ sangat terhambat karena timbal (Pb) bersifat racun [6]. Oleh karena itu, perkembangan saat ini mengarah pada sel surya perovskite tanpa Pb (*lead-free*). Timah (Sn) merupakan salah satu kandidat yang paling banyak dieksplorasi

untuk menggantikan Pb, karena Sn dan Pb keduanya berada dalam golongan IVA tabel periodik dan memiliki jari-jari ion yang sama [7].

Untuk memahami kinerja sel surya perovskite berbasis $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ tanpa Pb, dalam penelitian ini dilakukan simulasi numerik sel surya menggunakan program 1 dimensi *Solar Cell Capacitance Simulator* (SCAPS-1D). Selain itu, penggunaan graphene oxide (GO) sebagai material pengangkut hole (HTM) dianggap potensial menggantikan Spiro-OMeTAD yang relatif mahal dan stabilitas kurang baik, serta membutuhkan doping khusus [8]. GO memiliki sifat yang unggul, yaitu stabilitas kimia yang baik, transparansi dan mobilitas muatan tinggi, biaya pembuatan relatif rendah, tidak membutuhkan doping, serta berpotensi diproduksi dalam skala besar. Secara khusus, efek ketebalan lapisan aktif perovskite dan *interface defect* pada perovskite/HTM didiskusikan lebih mendalam. Studi ini bermanfaat untuk pengembangan sel surya perovskite tanpa Pb serta penggunaan GO yang efisien dan murah sebagai HTM.

2. Metodologi dan detail simulasi

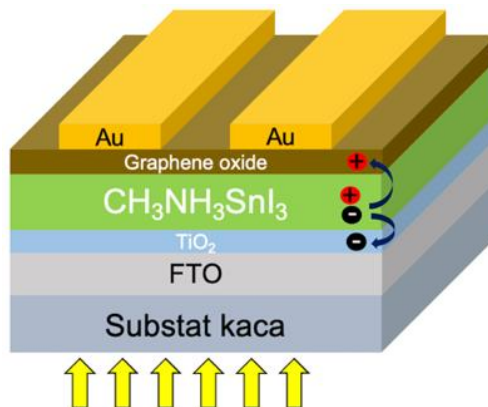
SCAPS-1D (versi 3.3.09) merupakan program pemodelan sel surya yang dikembangkan oleh kelompok riset fotovoltaik dari *Electronics and Information Systems (ELIS), University of Gent, Belgium* yang dapat memfasilitasi hingga tujuh lapisan semikonduktor [9–11]. Program simulasi ini menyelesaikan tiga persamaan dasar semikonduktor, yaitu persamaan Poisson (1), persamaan kontinuitas elektron (2), dan persamaan kontinuitas hole (3). SCAPS-1D memungkinkan analisis multilayer dan *heterojunction*, yang dapat digunakan untuk mensimulasikan sel surya berbasis semikonduktor [12].

$$\frac{dE}{dx} = \frac{d^2\psi}{dx^2} = \frac{q}{\epsilon} [p(x) - n(x) + N_D^+(x) - N_A^-(x) + p_r(x) - n_r(x)] \quad (1)$$

$$-\frac{1}{q} \frac{dJ_n}{dx} + R_n(x) - G(x) = 0 \quad (2)$$

$$-\frac{1}{q} \frac{dJ_p}{dx} + R_p(x) - G(x) = 0 \quad (3)$$

dimana E adalah medan listrik, ψ adalah potensial elektrostatik, q adalah muatan elektron, ϵ adalah permitivitas dielektrik relatif, p dan n adalah konsentrasi hole dan elektron, N_D^+ dan N_A^- adalah konsentrasi donor dan akseptor, p_r dan n_r adalah jumlah hole dan elektron yang terperangkap, J_n dan J_p adalah rapat arus elektron dan hole, R_n dan R_p adalah laju rekombinasi elektron dan hole, dan G adalah laju rekombinasi, yang semuanya dinyatakan sebagai fungsi posisi, x .



Gambar 1. Struktur sel surya perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ (dibuat menggunakan Ms. PowerPoint)

Konfigurasi sel surya perovskite yang akan disimulasikan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1, yang tersusun atas FTO (anoda)/TiO₂ (ETM)/CH₃NH₃SnI₃ (lapisan aktif)/GO (HTM)/Au (katoda). Tabel I menunjukkan parameter fisis untuk masing-masing lapisan material yang digunakan pada simulasi sel surya perovskite. Parameter-parameter tersebut berdasarkan pada beberapa literatur [13–16]. Ketebalan perovskite (lapisan aktif) divariasikan dari 300 – 800 nm, dan *interface defect* pada perovskite/HTM divariasikan dari $1 \times 10^8 - 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. Simulasi ini dilakukan pada temperatur 300 K, frekuensi $1.0 \times 10^6 \text{ Hz}$, dan sumber cahaya standar yaitu AM1.5G sebesar 1000 W.m^{-2} .

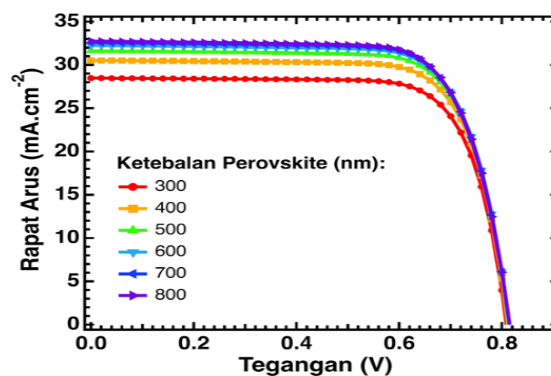
Tabel 1. Parameter simulasi sel surya perovskite menggunakan scaps-1d [13–16]

Parameter	Material		
	TiO ₂	MASnI ₃	GO
Thickness (nm)	50	variasi	100
Bandgap (eV)	3.2	1.3	2.48
Electron affinity (eV)	4.0	4.17	2.3
Dielectric permittivity	100	10	10
CB effective density of states (cm ⁻³)	2.2×10^{18}	1.0×10^{18}	2.2×10^{18}
VB effective density of states (cm ⁻³)	1.8×10^{19}	1.0×10^{19}	1.8×10^{19}
Electron thermal velocity (cm.s ⁻¹)	1.0×10^7	1.0×10^7	5.2×10^7
Hole thermal velocity (cm.s ⁻¹)	1.0×10^7	1.0×10^7	5.0×10^7
Electron mobility (cm ² .V ⁻¹ s ⁻¹)	6.0×10^{-3}	1.6	26
Hole mobility (cm ² .V ⁻¹ s ⁻¹)	6.0×10^{-3}	1.6	123
Donor density N _D (cm ⁻³)	-	-	-
Acceptor density N _A (cm ⁻³)	5.0×10^{19}	1.0×10^{17}	2.0×10^{18}

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Efek Ketebalan Perovskite

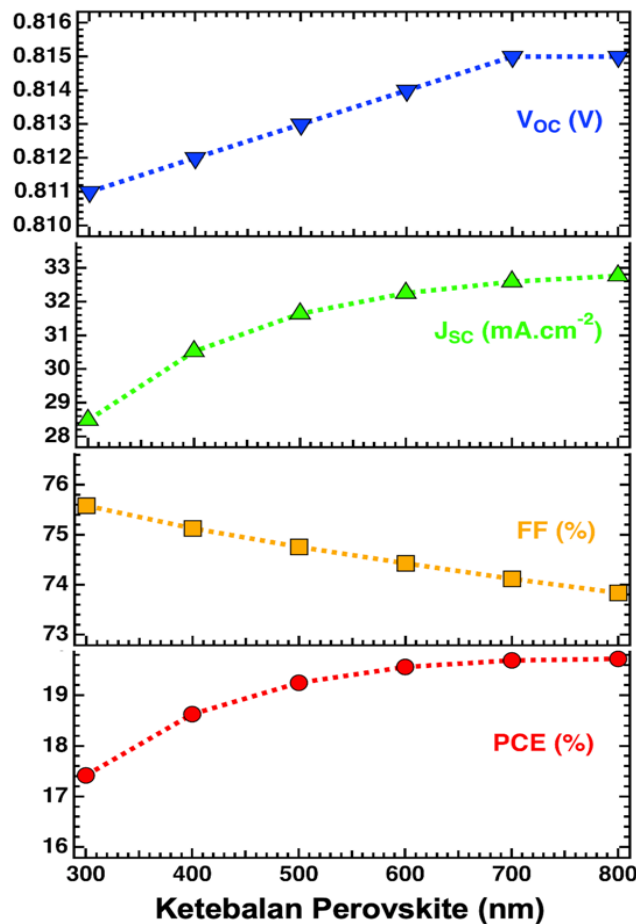
Lapisan aktif memainkan peranan penting dalam meningkatkan kinerja sel surya. Parameter lapisan perovskite seperti celah pita, ketebalan, konsentrasi doping, dan cacat memiliki kontribusi yang signifikan untuk mengoptimalkan kinerja sel surya [17]. Tahap awal simulasi dilakukan dengan variasi ketebalan perovskite mulai dari 300 nm sampai 800 nm. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, karakteristik *J-V* hasil simulasi menunjukkan hanya sedikit kenaikan pada *V_{OC}* (sekitar ~0.001 V) ketika ketebalan perovskite dinaikan dari 300 nm sampai 800 nm. Sebaliknya, *J_{SC}* meningkat secara signifikan dari 28.49 mA.cm^{-2} sampai 32.77 mA.cm^{-2} .



Gambar 2. Karakteristik *J-V* dengan variasi ketebalan perovskite CH₃NH₃SnI₃

Secara umum, ketika lapisan aktif perovskite sangat tipis, penyerapan cahaya dan fotogenerasi eksiton menjadi berkurang, sehingga mempengaruhi J_{SC} . Namun, ketika lapisan aktif terlalu tebal, beberapa pembawa muatan bergabung kembali (rekombinasi) sebelum keluar dari permukaan [18]. Ketika ketebalan lapisan aktif perovskite meningkat, J_{SC} juga akan meningkat karena penyerapan foton lebih banyak. Gambar 3 menunjukkan efek ketebalan perovskite terhadap kinerja sel surya. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3, FF mengalami penurunan dari 75.58 % menjadi 73.84% ketika ketebalan perovskite naik dari 300 nm sampai 800 nm. Hal ini disebabkan karena peningkatan hambatan *series* (R_s) dan penurunan hambatan *shunt* (R_{SH}). Efisiensi (PCE) sel surya mengalami peningkatan dari 17.42% menjadi 19.72%.

Ketika ketebalan lapisan aktif meningkat, lebih banyak cahaya yang diserap, sehingga menghasilkan lebih banyak pembawa fotogenerasi tambahan, sehingga meningkatkan J_{SC} dan PCE . Ketebalan lapisan aktif perovskite sekitar 500 nm memberikan penyerapan cahaya yang mendekati maksimal dengan kerugian rekombinasi minimal [19]. Mengingat panjang difusi yang pendek dan peningkatan densitas cacat pada perovskite yang lebih tebal, maka ketebalan 500 nm sesuai untuk mendapatkan parameter sel surya yang optimal [17]. Oleh karena itu, ketebalan perovskite 500 nm digunakan untuk simulasi selanjutnya.

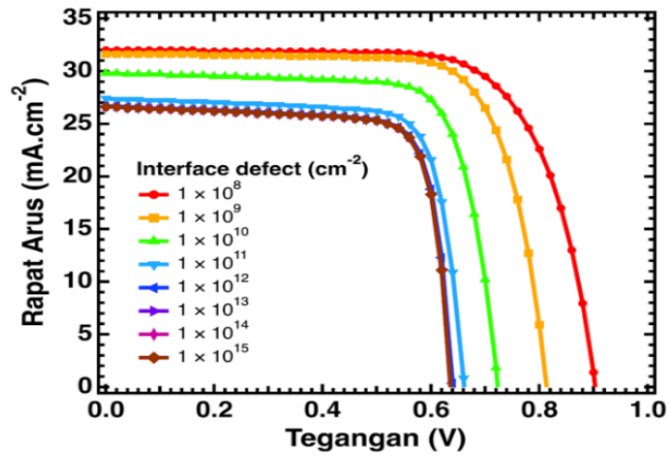


Gambar 3. Efek ketebalan perovskite $CH_3NH_3SnI_3$ terhadap kinerja sel surya

3.2 Efek Interface Defect pada Perovskite/HTM

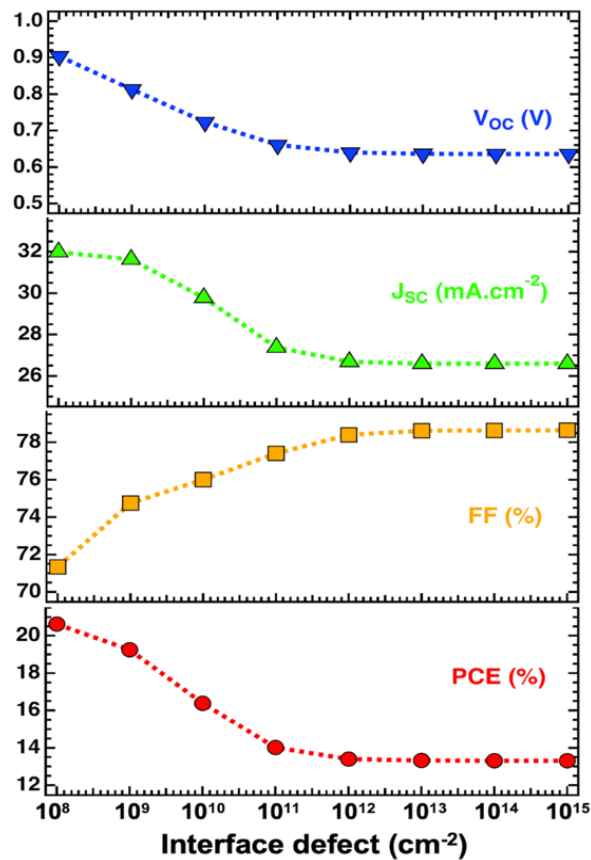
Interface memiliki pengaruh yang cukup besar pada kinerja sel surya. Kualitas sambungan (*junction*) pada *interface* sangat penting dalam menentukan kinerja sel surya karena jumlah cacat (*defect*) pada lapisan ini akan mempengaruhi rekombinasi elektron dan hole. Proses deposisi sel surya perovskite dapat mengakibatkan pembentukan cacat, yang sebagian besar ditemukan pada *interface* dan batas butir (*grain boundaries*) [20]. Selama proses fabrikasi, cacat tersebut

dapat dihasilkan dari interaksi pelarut dengan lapisan HTM dan penguapan molekul organik selama proses pemanasan (*annealing*) [21].



Gambar 4. Karakteristik *J-V* dengan variasi *interface defect* pada perovkite/HTM

Untuk mengetahui efek *interface defect* pada lapisan perovkite/HTM terhadap kinerja sel surya, maka *interface defect* divariasikan dari 1×10^8 sampai $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4, J_{SC} dan V_{OC} mengalami penurunan, yang mengakibatkan *PCE* turun secara signifikan dari 20.63% hingga 13.31% (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Efek *interface defect* pada perovskite/HTM terhadap kinerja sel surya

Permukaan lapisan perovskite yang dimodifikasi dengan GO meningkatkan cakupan permukaan (*surface coverage*) dan menghasilkan lapisan yang lebih halus dengan sedikit *pinhole* [22,23]. Hal ini disebabkan adanya lembaran GO yang menutupi sebagian permukaan lapisan perovskite. Kami berasumsi bahwa kehadiran GO dapat menekan nukleasi kristal, sehingga menghasilkan penurunan tingkat pertumbuhan jika dibandingkan dengan perovskite tanpa GO, yang sesuai dengan penelitian sebelumnya [14,24]. Kinerja optimal sel surya perovskite berbasis $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ menggunakan GO sebagai HTM diperoleh: $J_{SC} = 31.64 \text{ mA/cm}^2$, $V_{OC} = 0.813 \text{ V}$, $FF = 74.76 \%$ dan $PCE = 19.25 \%$. Kinerja optimal sel surya perovskite pada penelitian ini dicapai hanya melalui optimasi ketebalan dan *interface defect* perovskite/HTM. Oleh karena itu, dimungkinkan mencapai kinerja sel surya yang lebih tinggi dengan mengoptimalkan parameter lain pada sel surya perovskite, seperti jenis dan ketebalan ETM dan HTM.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, kami melakukan desain dan simulasi sel surya perovskite tanpa Pb berbasis $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ dengan graphene oxide (GO) sebagai material pengangkut hole (HTM) menggunakan SCAPS-1D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan lapisan aktif perovskite dan *interface defect* sangat berpengaruh terhadap kinerja sel surya. Kinerja optimal sel surya perovskite berbasis $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ diperoleh $J_{SC} = 31.64 \text{ mA/cm}^2$, $V_{OC} = 0.813 \text{ V}$, $FF = 74.76 \%$ dan $PCE = 19.25 \%$. Hasil penelitian ini sangat relevan untuk fabrikasi sel surya perovskite secara eksperimen untuk mendapatkan kinerja yang optimal.

Ucapan terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada kelompok peneliti fotovoltaik Prof. Marc Burgelman dari *Electronics and Information Systems (ELIS), University of Gent, Belgium*, yang telah menyediakan dan mengizinkan penggunaan program simulasi SCAPS-1D.

Daftar Pustaka

- [1] A. Miyata dkk., "Direct measurement of the exciton binding energy and effective masses for charge carriers in organic-inorganic tri-halide perovskites," *Nat. Phys.*, vol. 11, no. 7, pp. 582–587, Jul. 2015, doi: 10.1038/nphys3357.
- [2] D. A. Valverde-Chávez dkk., "Intrinsic femtosecond charge generation dynamics in single crystal $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$," *Energy Environ. Sci.*, vol. 8, no. 12, pp. 3700–3707, 2015, doi: 10.1039/c5ee02503f.
- [3] M. I. H. Ansari, A. Qurashi, and M. K. Nazeeruddin, "Frontiers, opportunities, and challenges in perovskite solar cells: A critical review," *J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev.*, vol. 35, no. June, pp. 1–24, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.jphotochemrev.2017.11.002.
- [4] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, and T. Miyasaka, "Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 131, no. 17, pp. 6050–6051, May 2009, doi: 10.1021/ja809598r.
- [5] Best-Research-Cell-Efficiencies: Emerging Photovoltaics, 2020. <https://www.nrel.gov/pv/assets/pdfs/best-research-cell-efficiencies-rev210726.pdf>
- [6] Y. Gan dkk. "Numerical investigation energy conversion performance of tin-based perovskite solar cells using cell capacitance simulator," *Energies*, vol. 13, no. 22, p. 5907, Nov. 2020, doi: 10.3390/en13225907.
- [7] K. Xu, "Development of tin-based perovskite materials for solar cell applications: A minireview," *Instrum. Sci. Technol.*, vol. 49, no. 1, pp. 91–105, Jan. 2021, doi: 10.1080/10739149.2020.1785891.

- [8] M. Acik and S. B. Darling, "Graphene in perovskite solar cells: Device design, characterization and implementation," *J. Mater. Chem. A*, vol. 4, no. 17, pp. 6185–6235, 2016, doi: 10.1039/c5ta09911k.
- [9] K. Decock, P. Zabierowski, and M. Burgelman, "Modeling metastabilities in chalcopyrite-based thin film solar cells," *J. Appl. Phys.*, vol. 111, no. 4, p. 043703, Feb. 2012, doi: 10.1063/1.3686651.
- [10] M. Burgelman, P. Nollet, and S. Degraeve, "Modelling polycrystalline semiconductor solar cells," *Thin Solid Films*, vol. 361–362, pp. 527–532, Feb. 2000, doi: 10.1016/S0040-6090(99)00825-1.
- [11] M. Burgelman, K. Decock, S. Khelifi, and A. Abass, "Advanced electrical simulation of thin film solar cells," *Thin Solid Films*, vol. 535, pp. 296–301, May 2013, doi: 10.1016/j.tsf.2012.10.032.
- [12] F. Jannat, S. Ahmed, and M. A. Alim, "Performance analysis of cesium formamidinium lead mixed halide based perovskite solar cell with MoO_x as hole transport material via SCAPS-1D," *Optik (Stuttg.)*, vol. 228, no. November 2020, p. 166202, 2021, doi: 10.1016/j.ijleo.2020.166202.
- [13] A. Sunny, S. Rahman, M. M. Khatun, and S. R. Al Ahmed, "Numerical study of high performance HTL-free $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ -based perovskite solar cell by SCAPS-1D," *AIP Adv.*, vol. 11, no. 6, p. 065102, Jun. 2021, doi: 10.1063/5.0049646.
- [14] E. Widiyanto, Shobih, E. S. Rosa, K. Triyana, N. M. Nursam, and I. Santoso, "Performance analysis of carbon-based perovskite solar cells by graphene oxide as hole transport layer: Experimental and numerical simulation," *Opt. Mater. (Amst.)*, vol. 121, no. September, p. 111584, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.optmat.2021.111584.
- [15] K. Deepthi Jayan and V. Sebastian, "Comprehensive device modelling and performance analysis of MASnI_3 based perovskite solar cells with diverse ETM, HTM and back metal contacts," *Sol. Energy*, vol. 217, no. January, pp. 40–48, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.solener.2021.01.058.
- [16] F. Anwar, R. Mahbub, S. S. Satter, and S. M. Ullah, "Effect of different HTM layers and electrical parameters on ZnO nanorod-based lead-free perovskite solar cell for high-efficiency performance," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2017, pp. 1–9, 2017, doi: 10.1155/2017/9846310.
- [17] S. Rai, B. K. Pandey, and D. K. Dwivedi, "Modeling of highly efficient and low cost $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Pb}(\text{I}_{1-x}\text{Cl}_x)_3$ based perovskite solar cell by numerical simulation," *Opt. Mater. (Amst.)*, vol. 100, no. October 2019, p. 109631, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.optmat.2019.109631.
- [18] L. Lin, L. Jiang, P. Li, B. Fan, Y. Qiu, and F. Yan, "Simulation of optimum band structure of HTM-free perovskite solar cells based on ZnO electron transporting layer," *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 90, no. October 2018, pp. 1–6, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.mssp.2018.10.003.
- [19] G. A. Casas, M. A. Cappelletti, A. P. Cédola, B. M. Soucase, and E. L. Peltzer y Blancá, "Analysis of the power conversion efficiency of perovskite solar cells with different materials as hole-transport layer by numerical simulations," *Superlattices Microstruct.*, vol. 107, pp. 136–143, Jul. 2017, doi: 10.1016/j.spmi.2017.04.007.
- [20] F. Azri, A. Meftah, N. Sengouga, and A. Meftah, "Electron and hole transport layers optimization by numerical simulation of a perovskite solar cell," *Sol. Energy*, vol. 181, no. December 2018, pp. 372–378, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.02.017.
- [21] F. Wang, S. Bai, W. Tress, A. Hagfeldt, and F. Gao, "Defects engineering for high-performance perovskite solar cells," *npj Flex. Electron.*, vol. 2, no. 1, p. 22, Dec. 2018, doi: 10.1038/s41528-018-0035-z.
- [22] L. Najafi dkk., " MoS_2 quantum dot/graphene hybrids for advanced interface engineering of a $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell with an efficiency of over 20%," *ACS Nano*, vol. 12, no. 11, pp. 10736–10754, Nov. 2018, doi: 10.1021/acsnano.8b05514.

- [23] M. Hadadian dkk., “*Enhancing efficiency of perovskite solar cells via N-doped graphene: Crystal modification and surface passivation,*” *Adv. Mater.*, vol. 28, no. 39, pp. 8681–8686, Oct. 2016, doi: 10.1002/adma.201602785.
- [24] E. Widiyanto, Shobih, E. S. Rosa, K. Triyana, N. M. Nursam, and I. Santoso, “*Graphene oxide as an effective hole transport material for low-cost carbon-based mesoscopic perovskite solar cells,*” *Adv. Nat. Sci. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 12, no. 3, p. 035001, Sep. 2021, doi: 10.1088/2043-6262/ac204a.