

SISTEM KONSENTRATOR FOTOVOLTAIK DAN PENGAPLIKASIANNYA

TOPIK : ENERGI TERBARUKAN DAN SISTEM TENAGA LISTRIK



Dosen Pengambuh:

Herusyah Putra

Dibuat Oleh:

Alfian Maulana Surya Prastowo	101022300160
Muhammad Hafiz	101022300004
Mohammad Nur Hadi	101022300170
Ridho Rizky Razami	101022300057

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN.....	3
1. LATAR BELAKANG.....	3
2. RUMUSAN MASALAH.....	5
II. LANDASAN TEORI.....	6
III. KERANGKA KONSEPTUAL	8
3.1. DEFINISI KONSEP	8
3.2. KOMPONEN UTAMA.....	8
3.3. ALIRAN ENERGI DAN PENGGUNAAN.....	9
IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	10
4.1. DESAIN PENELITIAN.....	10
4.2. PENGUMPULAN DATA	10
4.3. ANALISIS DATA.....	10
V. TEKNOLOGI SEL SURYA NANO/MIKRO	12
5.1. PRINSIP KERJA	12
5.2. MATERIAL DAN DESAIN.....	12
5.3. KINERJA DAN EFISIENSI	13
5.4. PERKIRAAN PRODUK.....	13
VI. KESIMPULAN	17
VII. REFERENSI.....	18

I. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Selama beberapa dekade terakhir, tesis perubahan iklim antropogenik semakin populer di komunitas ilmiah [IPC95 hal. 5] [IPC07 hal. 72]. Namun, pada saat yang sama, hasil-hasil penting dari berbagai pertemuan puncak perubahan iklim memperjelas bahwa kemauan politik saja tidak dapat diandalkan untuk menerapkan konsep energi alternatif. Meskipun sudah terlihat realistis untuk memenuhi kebutuhan energi kita sepenuhnya dari sumber energi terbarukan dengan bantuan teknologi penyimpanan mengingat kondisi teknologi saat ini [Fra13], nampaknya terdapat kurangnya kemauan untuk menerima kenaikan harga listrik dan memperbesar biaya energi. investasi untuk mencapai tujuan tersebut. Oleh karena itu, jalur penelitian terapan di bidang sistem energi surya pasti mengarah pada upaya untuk mencapai biaya produksi listrik yang rendah¹.

Beberapa penelitian menyoroti peran teknologi penyimpanan energi dalam mendukung sistem CPV, mengatasi fluktuasi pasokan energi yang disebabkan oleh variasi intensitas cahaya matahari. Penerapan teknologi penyimpanan energi menjadi krusial untuk menjaga kestabilan pasokan listrik dan meningkatkan kehandalan sistem secara keseluruhan.

Studi-studi tersebut juga telah mencoba mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang mempengaruhi efisiensi sistem CPV, baik dalam hal desain optik maupun aspek teknis lainnya. Dengan memahami literatur terkait, kita dapat mengevaluasi bagaimana penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi terhadap pemahaman kita tentang CPV dan sejauh mana penerapannya telah sukses dalam mengatasi kendala biaya produksi listrik.

Konsentrasi fotovoltaik (CPV) merupakan salah satu pendekatan untuk mengurangi biaya produksi listrik untuk tenaga surya. Ide dasar CPV adalah untuk menghemat ruang sel surya yang mahal dengan memusatkan sinar matahari ke sel surya menggunakan optik murah. Lensa dan cermin dapat digunakan sebagai optik.

Untuk menjaga biaya produksi listrik tetap rendah, produk yang siap dipasarkan seringkali jauh dari optimal teknis karena desain dan proses produksinya. Oleh karena itu, dalam bidang

¹ Istilah ini menggambarkan biaya per unit energi yang terjadi pada saat menghasilkan tenaga listrik.

optik untuk CPV, sangatlah penting untuk menganalisis bagaimana penyimpangan dari nilai optimum mempengaruhi sifat optik dan mempertimbangkan apakah penyimpangan tersebut dapat diterima demi biaya produksi yang lebih rendah.

Meskipun CPV menawarkan potensi signifikan untuk mengurangi biaya produksi listrik dari sumber energi surya, masih ada sejumlah permasalahan dan tantangan yang perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah pemilihan material untuk lensa dan cermin yang dapat memastikan transmisi cahaya yang optimal tanpa mengorbankan keandalan dan umur panjang. Selain itu, desain yang efisien dan efektif perlu dikembangkan untuk mengoptimalkan konsentrasi cahaya matahari pada sel surya tanpa menghasilkan efek negatif seperti overheating.

2. Rumusan Masalah

1. Desain yang efisien dan efektif dapat dikembangkan untuk mengoptimalkan konsentrasi cahaya matahari pada sel surya dalam sistem CPV, sambil menghindari efek negatif seperti overheating yang dapat memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

2. Konsep dasar CPV, yang menghemat ruang sel surya yang mahal dengan memusatkan sinar matahari ke sel surya menggunakan optic.

3. Permasalahan dan tantangan utama dalam penggunaan material untuk lensa dan cermin pada sistem CPV.

II. Landasan Teori

Konsentrator photovoltaic (CPV) adalah teknologi yang menggunakan prinsip photovoltaik dengan efisiensi konversi tertinggi pada tingkat sistem. Hal ini bergantung pada sel surya multi-persimpangan yang pada awalnya dikembangkan untuk aplikasi luar angkasa. Untuk mengurangi tingginya biaya sel surya multi-persimpangan, fotovoltaik konsentrator menggunakan elemen optik (cermin atau lensa) untuk mengumpulkan sinar matahari dan memusatkannya ke area sel surya yang lebih kecil. Teknologi CPV komersial saat ini mencapai efisiensi konversi lebih dari 30% pada tingkat sistem, berkat beberapa sel surya mm² dan lensa Fresnel dengan konsentrasi optik biasanya 500×. Karena adanya beberapa antarmuka optik dikombinasikan dengan kesalahan pelacakan, kerugian efisiensi optik akibat pemantulan tidak dapat diabaikan dan bisa lebih besar dari 15%. Untuk mengurangi kehilangan reflektif pada permukaan sel surya persimpangan rangkap tiga, lapisan anti-reflektif multi-lapis interferometri (ARC) seperti TiO_2/AlO_x atau SiN/SiO_2 diendapkan pada permukaan sel surya, dengan ketebalan terkontrol dan indeks optik.

Pada sel surya dengan celah pita tunggal yang selanjutnya disebut sel surya sederhana, bagian spektrum matahari yang energi foton lebih rendah dari celah pita selnya akan hilang. Namun, tidak selalu menguntungkan untuk memilih celah pita yang lebih rendah, karena jika energi foton lebih tinggi dari celah pita, perbedaan energi antara keduanya akan hilang akibat termalisasi dengan lingkungan. Prinsip dari banyak sel adalah “menumpuk” beberapa sel sederhana dengan celah pita yang berbeda. Cahaya pertama kali mengenai sel dengan celah pita terbesar, yang berarti lebih sedikit energi berlebih yang hilang. Foton yang energinya tidak cukup dapat diserap oleh salah satu sel di bawahnya dengan celah pita yang lebih rendah, asalkan energinya setidaknya sama dengan celah pita sel terakhir.

Hasilnya, sel surya multi-persimpangan mencapai rekor efisiensi hingga 44,2%, dibandingkan dengan 27,6% untuk sel silikon tunggal dalam konsentrasi, atau 25,0% tanpa konsentrasi. Namun, perbedaannya akan lebih mengesankan jika kita melihat pada efisiensi yang tersedia secara komersial dibandingkan dengan sel rekaman. Di sini, sel surya multi-persimpangan berkisar dari 36% hingga lebih dari 40,5% dibandingkan dengan 5-7% (silikon *amorf*) dan 14-17% (silikon *monokristalin*) untuk sel silikon. Batas maksimum teoritis untuk efisiensi beberapa sel surya adalah 86,8% untuk jumlah sel bertumpuk yang tak terbatas atau 63,9% untuk tiga sel

bertumpuk, jauh di atas batas maksimum sekitar 31% untuk sel silikon tunggal. Dari sudut pandang ini, beberapa sel surya menawarkan potensi optimalisasi yang lebih besar. Rekor efisiensi sel surya multi-persimpangan telah meningkat sebesar 10,5% selama 10 tahun terakhir, sedangkan untuk silikon hanya meningkat sebesar 0,8%.

Selain itu, perkembangan dalam penggunaan selenium, meskipun pada awalnya memiliki efisiensi konversi rendah, kini menarik perhatian dalam desain sel surya tandem. Selenium, dengan celah pita yang sesuai, menawarkan keuntungan seperti integrasi mudah dengan perangkat silikon, produksi dengan suhu rendah, dan stabilitas di bawah kondisi kelembapan dan oksigen. Meskipun silikon mendominasi industri sel surya, pencarian untuk menemukan material dengan celah pita yang optimal masih terus dilakukan, dan selenium menjadi salah satu kandidat yang menjanjikan.

Penciptaan sel surya Fotovoltaik pertama dengan efisiensi kurang dari 1% dan pada tahun 1985 rekor efisiensi konversi selenium meningkat menjadi 5%. Namun, memiliki celah pita sebesar 1,85 eV, selenium masih jauh dari bahan yang optimal untuk konversi langsung energi matahari, dan silikon kini menjadi bahan semikonduktor dominan di industri sel surya. Namun demikian, selenium baru-baru ini mendapatkan kembali perhatian untuk digunakan dalam sel surya tandem dimana efisiensinya mungkin melebihi batas *Shockley-Queisser* untuk sel surya junction tunggal. Perangkat tersebut memerlukan material dengan celah kecil ($\sim 1,0$ eV) dan material dengan celah besar ($\sim 1,8 - 1,9$ eV). Karena silikon telah mendominasi industri tenaga surya dan memiliki celah pita 1,12 eV, silikon merupakan pilihan terbaik untuk material dengan celah kecil, namun pencarian untuk menemukan material dengan celah besar yang optimal masih terbuka. Selain memiliki celah pita yang hampir optimal untuk sel tandem, selenium menawarkan sejumlah keuntungan dalam hal ini. Ia mudah diintegrasikan dengan perangkat silikon, memiliki suhu produksi rendah dan menjaga stabilitas di bawah kelembapan dan dengan adanya oksigen.

III. Kerangka Konseptual

3.1. Definisi Konsep

Panel surya (solar panel) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di berbagai macam aplikasi, baik secara skala kecil (seperti untuk rumah) maupun skala besar (seperti untuk pembangkit listrik tenaga surya).

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya (solar cell) yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon. Ketika sinar matahari mengenai sel surya, elektron dalam sel surya akan terlepas dan mengalir melalui kabel ke sistem baterai atau ke sistem inverter yang mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik. Dari inverter, arus listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

3.2. Komponen Utama

3.2.1 Sel Fotovoltaik

Sel fotovoltaik adalah inti dari panel surya. Mereka terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon, yang dapat mengubah sinar matahari menjadi arus listrik langsung melalui efek fotovoltaik. Sel fotovoltaik biasanya dikemas dalam beberapa baris dan kolom untuk membentuk modul fotovoltaik.

3.2.2 Kaca Pelindung

Kaca pelindung adalah lapisan atas panel surya yang melindungi sel fotovoltaik dari elemen-elemen eksternal seperti hujan, angin, debu, dan benturan.

3.2.3 Backsheet

Backsheet adalah lapisan belakang panel surya yang berfungsi untuk melindungi sel fotovoltaik dari kelembaban dan dampak lingkungan. Lapisan ini juga membantu menjaga integritas struktural panel.

3.2.4 Bingkai

Komponen ini adalah kerangka panel surya yang terbuat dari bahan tahan korosi seperti aluminium. Bingkai ini memberikan dukungan struktural dan melindungi panel dari kerusakan mekanis.

3.2.5 Konektor dan Kabel

Panel surya dilengkapi dengan konektor dan kabel untuk menghubungkan panel surya ke sistem pengumpulan listrik. Konektor ini memastikan aliran listrik yang efisien dari panel surya ke inverter.

3.2.6 Inverter

Inverter adalah komponen penting lainnya dalam sistem panel surya. Komponen ini mengubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh peralatan rumah tangga dan jaringan listrik.

3.2.7 Pelacak Matahari

Beberapa panel surya dilengkapi dengan pelacak matahari yang memungkinkan panel mengikuti gerakan matahari sepanjang hari. Ini meningkatkan efisiensi panel dengan menangkap lebih banyak sinar matahari sepanjang waktu.

3.3. Aliran Energi dan Penggunaan

Panel surya melibatkan penyerapan cahaya matahari dan akumulasi energinya dalam sebuah baterai. Dengan demikian, sistem dapat beroperasi pada saat senja, malam hari, atau bahkan dalam kondisi hujan. Selain itu, terdapat kabel yang terhubung dengan sistem listrik di dalam rumah. Ketika terjadi konsumsi listrik oleh perangkat elektronik, seperti saat menhidupkan televisi, tenaga listrik secara otomatis diambil dari baterai.

IV. Metodologi Penelitian

4.1. Desain Penelitian

Sesuai dengan tujuan dan pertanyaan penelitian, literatur review yang digunakan pada studi ini menggunakan pendekatan Systematic Mapping Study (Scoping Study) untuk mengidentifikasi langkah-langkah menyusun protokol penelitian. Scoping studi merupakan tinjauan sistematis yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan hasil dengan berbasis bukti untuk memetakan konsep yang mendasari area penelitian, sumber bukti, dan jenis bukti yang tersedia (Tricoco et al., 2016). Desain penelitian tersebut dipilih karena sumber referensi yang peneliti gunakan bervariasi berasal dari artikel, jurnal, dan official websites.

4.2. Pengumpulan Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam ulasan Scoping studi ini terdiri dari:

- 1) Menentukan topik penelitian
- 2) Mengembangkan topik penelitian dan strategi pencarian
- 3) Mencari literatur dengan menggunakan keywords
- 4) Mendokumentasikan hasil pencarian dan memetakan data
- 5) Menentukan kriteria inklusi dan eksklusi.
- 6) Menyeleksi studi dan penilaian kualitas.

Literatur review dalam penelitian ini akan menganalisis hasil-hasil penelitian dalam jurnal-jurnal tentang sistem konsentrator fotovoltaik dan pengaplikasinya.

4.3. Analisis Data

Analisis dimulai dengan materi hasil penelitian yang secara sekuensi diperhatikan dari yang paling relevan, relevan, dan cukup relevan. Cara lain dapat juga, misalnya dengan melihat tahun penelitian diawali dari yang paling mutakhir, dan berangsur-angsur mundur ke tahun yang lebih lama. Kemudian membaca abstrak dari setiap penelitian lebih dahulu untuk memberikan penilaian apakah permasalahan yang dibahas sesuai dengan yang hendak dipecahkan dalam

penelitian. Peneliti juga menelaah persamaan dan perbedaan ataupun persamaan antara penelitian yang telah dilakukan oleh pengarang, penelitian mana yang saling mendukung, dan penelitian mana yang saling bertentangan, ataupun beberapa pertanyaan yang belum terjawab, dan lain sebagainya. Mencatat bagian-bagian penting dan relevan dengan permasalahan penelitian. Untuk menjaga tidak terjebak dalam unsur plagiat, para peneliti hendaknya juga mencatat sumber-sumber informasi dan mencantumkan daftar pustaka.

Setiap jurnal yang telah dipilih berdasarkan kriteria, dibuat sebuah kesimpulan berupa penjelasan hasil analisis. Sebelum penulis membuat kesimpulan dari beberapa hasil literatur, penulis akan mengidentifikasi dalam bentuk ringkasan secara singkat berupa tabel dan narasi yang berisi tentang seluruh aspek dari literatur yang ada mulai dari judul artikel, sumber artikel (nomor jurnal, nama jurnal, tahun terbit), tujuan penelitian, metode penelitian, populasi sample, tempat waktu penelitian, variable penelitian, instrumen pengumpulan data, dan analisis data. Setelah hasil penulisan dari beberapa literatur sudah dikumpulkan, penulis akan menganalisa hubungan sistem fotovoltaiik dan pengaplikasiannya.

V. Teknologi Sel Surya Nano/Mikro

5.1. Prinsip Kerja

Sinar matahari akan ditangkap oleh lensa yang kemudian lensa tersebut akan memfokuskan Cahaya jatuh tepat pada panel surya. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sehingga Cahaya matahari seluruh dapat ditangkap dan tidak menimbulkan pantulan yang dapat mengakibatkan pemanasan global.

5.2. Material dan Desain

Fase trigonal dari selenium curah menunjukkan kiral rantai atom Se yang terikat melalui interaksi dispersif dan tersusun dalam kisi heksagonal. Rantai tersebut dicirikan oleh sumbu sekrup tiga kali lipat dan sel satuan primitif dengan demikian mengandung tiga atom Se. Selain itu, strukturnya mempunyai sumbu rotasi dua kali lipat yang ortogonal terhadap rantai dan kelompok ruangnya.

Ada beberapa laporan dalam literatur tentang fase selenium tambahan (α -selenium, β -selenium, γ monoklinik selenium dan fase lain yang dibuat dengan menerapkan tekanan tinggi), tetapi bentuk trigonal adalah satu-satunya fase yang stabil secara termodinamika pada suhu kamar.

Selenium menunjukkan node *Weyl*, pemisahan pita tipe Rashba dengan tekstur putaran non-trivial dan telah terbukti transit ke semimetal Weyl di bawah tekanan. Celah pita optik adalah $1,95\text{ eV}$ dan pengukuran *fotoluminesensi* menunjukkan bahwa terdapat celah tidak langsung yang terletak pada $1,80\text{-}1,85\text{ eV}$.

5.3. Kinerja dan Efisiensi

Karena kami belum tersedia alat dan bahan, maka tidak bisa mendapatkan kinerja dan efisiensi secara empiris. Namun secara teoritis, kinerja dan efisiensi dapat ditingkatkan dengan gabungan berbagai teknologi yang kami paparkan di laporan ini.

Beberapa teknologinya itu multipersimpangan, menggunakan bahan selenium daripada silikon, menggunakan lensa fresnel sebagai konsentrator cahaya matahari, menggunakan sensor deteksi Cahaya sebagai alat pelacak matahari, dan motor gerak untuk melacak matahari. Semu ini dapat digabung untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem panel surya.

5.4. Perkiraan Produk

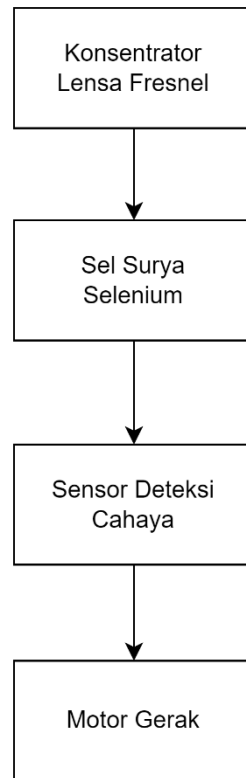
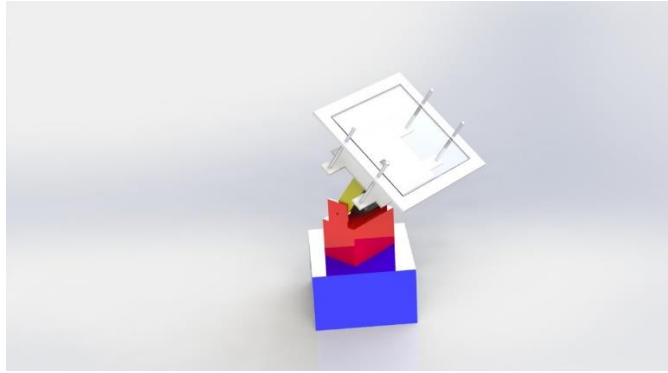


Diagram Komponen Produk

Ini diagram perancangan setiap komponen produk yang kami perkirakan, dari masuknya sinar matahari dari atas sampai bawah itu mengoptimisasi penyerap Cahaya untuk menjadi aliran listrik.



Perkiraan Design Produk

Lensa konsentrator ada di paling atas, kemudian berotasi dengan sensor deteksi cahaya dan motor penggerak.

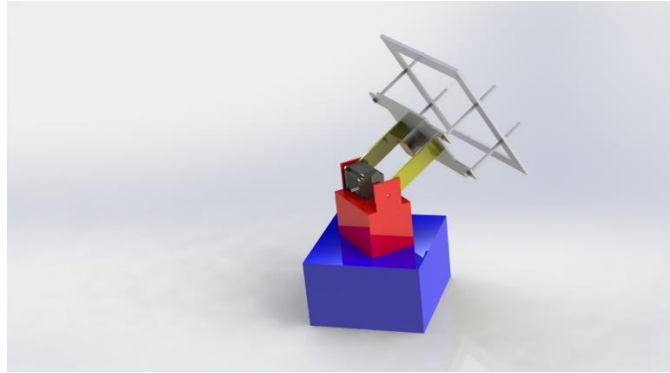


Diagram Komponen Produk

Persegi warna biru berupa fondasi dan di bawah lensa ada solar sel.

VI. Kesimpulan

Dalam rangkaian penelitian yang telah diurai, dapat disimpulkan bahwa efisiensi dari fotovoltaik dapat ditingkatkan dengan penambahan lensa agar cahaya matahari dapat terfokus pada panel surya. Selain itu, penambahan pelacak matahari juga menambah efisiensi dari panel surya tersebut. Namun, terdapat tantangan dimana dapat terjadi overheating pada panel surya dapat terjadi. Masalah tersebut dapat terpecahkan dengan menambahkan selenium karena selenium memiliki titik didih yang sangat tinggi dibanding material lainnya.

VII. Referensi

- IPCC. 2007. Climate Change 2007 - Synthesis Report. Geneva : WMO - UNEP, 2007
- IPCC. 1995. Second Assessment - Climate Change 1995 - A Report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva : WMO - UNEP, 1995
- S. P. Philipps, A. W. Bett, K. Horowitz and S. Kurtz, Current Status of Concentrator Photovoltaic (CPV) Technology. United States: N. p., 2015. doi:10.2172/1351597.
- M. Alzahrani, A. Ahmed, K. Shanks, S. Sundaram, T. Mallick, Solar Energy, 227 (2021) 321-333.
- NREL / Scanlon, Bill. 2012. NREL: News Feature - Award-Winning PV Cell Pushes Efficiency Higher. [Online] 28. 12 2012. http://www.nrel.gov/news/features/feature_detail.cfm/feature_id=2055
- Green, Martin A., et al. 2012. Solar Cell Efficiency Tables (version 41). Progress in Photovoltaics. 2012, Bd. 21, pp.1-11
- AZURSPACE. 2012. CPV Solar Cells - Azurspace Power Solar GmbH. [Online] 30. 03 2012. [Cited from: 12. 12 2023.] <http://www.azurspace.com/index.php/en/products/products-cpv/cpv-solar-cells>
- SolarJunction. Solar Junction » Products. [Online] [Zitat vom: 06. 02 2013.] <http://www.sj-solar.com/products/>
- SolarServer. 2013. Basiswissen | Photovoltaik: Solarstrom und Solarzellen in Theorie und Praxis - SolarServer.. <http://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/photovoltaik.html>
- Green, Martin A., et al. 2003. Solar Cell Efficiency Tables (Version 21). Progress in Photovoltaics. 2003, Bd. 11, pp. 39-45.
- McEvoy, Augustin, Markvart, Tom und Castañer, Luis. 2011. Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications. Oxford : Academic Press / Elsevier, 2011.ISBN 978-0-12-385934-1
- R. Homier, A. Jaouad, A. Turala, C.E. Valdivia, D. Masson, S.G. Wallace, S. Fafard, R. Ares, V. Aimez, IEEE Journal of Photovoltaics, 2 (2012) 393-397.
- D.J. Aiken, Solar Energy Materials and Solar Cells, 64 (2000) 393-404
- DK Ferry, SM Goodnick, VR Whiteside, and IR Sellers. Challenges, myths, and opportunities in hot carrier solar cells. Journal of Applied Physics, 128(22):220903, 2020.
- Tokio Nakada and Akio Kunioka. Polycrystalline thin film TiO₂/Se solar cells. Japanese journal of applied physics, 24(7A):L536, 1985.

- Otfried Madelung. Semiconductors: data handbook. Springer Science & Business Media, 2004.
- Teodor K Todorov, Saurabh Singh, Douglas M Bishop, Oki Gunawan, Yun Seog Lee, Talia S Gershon, Kevin W Brew, Priscilla D Antunez, and Richard Haight. Ultrathin high band gap solar cells with improved efficiencies from the world's oldest photovoltaic material. *Nature communications*, 8(1):1–8, 2017.
- JD John, I Saito, R Toyama, J Ochiai, T Yamada, T Masuzawa, DHC Chua, and K Okano. Electronic properties and potential applications of the heterojunction between silicon and multi-nanolayer amorphous selenium. *Electronics Letters*, 53(18):1270–1272, 2017.
- Douglas M Bishop, Teodor Todorov, Yun Seog Lee, Oki Gunawan, and Richard Haight. Record efficiencies for selenium photovoltaics and application to indoor solar cells. In 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), pages 1441–1444. IEEE, 2017.
- William Shockley and Hans J Queisser. Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells. *J. Appl. Phys*, 32(3):510–519, 1961.
- Albert Polman, Mark Knight, Erik C Garnett, Bruno Ehrler, and Wim C Sinke. Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges. *Science*, 352(6283):aad4424, 2016
- Tricco, A.C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K., Colquhoun, H., Kastner, M., Levac, D., Ng, C., Sharpe, J.P., Wilson, K., Kenny, M., Warren, R., Wilson, C., Stelfox, H.T. and Straus, S.E. (2016). A scoping review on the conduct and reporting of scoping reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 16(1), pp.1–10.
- P Cherin and P Unger. Refinement of the crystal structure of α -monoclinic se. *Acta Crystallographica Section B: Structural Crystallography and Crystal Chemistry*, 28(1):313–317, 1972
- RE Marsh, L Pauling, and JD McCullough. The crystal structure of β selenium. *Acta Crystallographica*, 6(1):71– 75, 1953.
- Olav Foss and Vitalijus Janickis. Crystal structure of γ -monoclinic selenium. *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions*, (4):624–627, 1980.
- R Keller, WB Holzapfel, and Heinz Schulz. Effect of pressure on the atom positions in se and te. *Physical Review B*, 16(10):4404, 1977.
- Motoaki Hirayama, Ryo Okugawa, Shoji Ishibashi, Shuichi Murakami, and Takashi Miyake. Weyl node and spin texture in trigonal tellurium and selenium. *Phys. Rev. Lett.*, 114:206401, May 2015.

- Simpei Tutihasi and Inan Chen. Optical properties and band structure of trigonal selenium. *Phys. Rev.*, 158:623– 630, Jun 1967.
- J. Stuke. Review of optical and electrical properties of amorphous semiconductors. *J. Non. Cryst. Solids*, 4:1– 26, apr 1970.
- H. Zetsche and R. Fischer. Photoluminescence of trigonal selenium single crystals. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 30(6):1425–1428, 1969.
- B. Moreth. Two types of indirect-exciton ground states in trigonal selenium. *Phys. Rev. Lett.*, 42:264– 267, Jan 1979.

