Penerbit dan Percetakan
CV BERKAH PRIMA

Penerbit dan Percetakan
CV BERKAH PRIMA

DESAIN GEOMETRIS SEL PV

DESAIN GEOMETRI SEL PV

ISBN 978-602-50881-7-9

Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.

DESAIN GEOMETRI SEL PV

Penerbit dan Percetakan

CV BERKAH PRIMA

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA

PASAL 72
KETENTUAN PIDANA
SAKSI PELANGGARAN

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah)
2. Barangsiapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

DESAIN GEOMETRI SEL PV

Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.

DESAIN GEOMETRI SEL PV

Penulis :

Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.

Editor :

Dr. Desy Kurniawati, M.Si. (Editor)

ISBN : 9-786025-088179

CV. BERKAH PRIMA

Alamat: Jalan Datuk Perpatih Nan Sabatang 287, Air Mati, Solok
Sumatera Barat.

Anggota IKAPI Pusat

No. Anggota : 016/SBA/18 tanggal 1 Agustus 2018

Cetakan Pertama, Oktober 2017

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun.
Secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit

Tajuk entri utama : Rahadian,

Desain Geometri Sel PV

Edisi Pertama, cet. Ke-I Padang: Berkah Prima, 2018

Editor : Tim editor (Desy Kurniawati)

I (satu) jilid; 14,8x21 cm (A5), Isi 170 hal. + (xviii)

ISBN:

Editor isi (Substansi): Dr. Desy Kurniawati, M.Si.

Editor Bahasa: Dr.Nasbahry Couto, M.Sn..

Desainer Grafis : Annisa Awalliyah

Perwajahan: Tim Layout CV. Berkah Prima

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, buku berjudul Desain Geometri Sel PV telah berhasil disusun. Semoga buku ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang rekayasa dan teknologi Fotovoltaik Indoors Lights. Semua manuscript yang disusun merupakan hasil riset dan literasi yang dilakukan selama 3 tahun terakhir, dari tahun 2014 akhir hingga saat penulisan buku ini.

Buku Geometri Sel PV ini, dapat digunakan oleh Mahasiswa dan Peneliti yang tertarik dalam pengembangan Fotoreaktor Fotovoltaik cahaya ruang. Dalam buku ini ada dasar pembuatan desain secara geometri, dan berbagai desain sederhana serta perhitungan luas kontak interaksinya dengan cahaya. Buku ini hanya membahas bagaimana suatu konstruksi reaktor dibuat dan disusun secara geometri.

Buku ini berisi dari berbagai sisi pengembangan rekayasa. Pada Buku ini, lebih banyak penekanan pada Sisi Pengembangan Geometri, dan banyak melibatkan perhitungan matematika. Pada beberapa Bab, keterlibatan Matematika Kimia sangat terasa dan memberikan sumbangsih yang sangat berarti. Karena berkaitan dengan Desain dan Analisis secara geometri terhadap Reaktor yang dibangun.

Ucapan terima kasih yang sangat mendalam kepada (alm) Prof Dr Admin Alif, Prof Dr Hermansyah Aziz, Prof Dr Syukri Arief, Dr Syukri yang merupakan Tim Riset pada awal awal pengembangan penelitian ini. Dalam penyusunan desain, penulis banyak melibatkan mahasiswa kelas Matematika Kimia, sehingga buku ini seperti sebuah jurnal desain yang menjadi titik awal pengembangan riset fotoreaktor cahaya ruang.

Ucapan terima kasih kepada Tim 51 (Mahasiswa Kelas Matematika Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP angkatan 2016) yang membantu mengumpulkan bahan dan mangedit ulang manuscript untuk melengkapi isi buku ini.

Akhirulkalam, terima kasih dan semoga bermanfaat.

Juni 2017

Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
1. PENGANTAR REKASAYA DALAM ILMU PENGETAHUAN	1
1.1. SEJARAH DAN PERKEMBANGAN GEOMETRI.....	1
1.2. PENGERTIAN GEOMETRI.....	11
1.3. ILMU ILMU YANG TERKAIT DENGAN GEOMETRI	21
A. Geometri Analitik Bidang	22
B. Geometri Analitik Ruang	25
C. Geometri Transformasi	26
1.4. GEOMETRI DI MASA MENDATANG.....	32
1.5. GEOMETRI DALAM BIDANG REKAYASA	43
A. Pengertian Geometri	43
B. Pengertian Rekayasa	44
C. Geometri Yang Berkaitan Dengan Rekayasa	44
2. DESAIN GEOMETRI SEL FOTOVOLTAIK (PV)	54
2.1. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR PLANAR.....	54
A. Pendahuluan.....	54
B. Sejarah Fotovoltaik.....	54
C. Konversi dan Efisiensi Sel Fotovoltaik.....	55
D. Perancangan dan Pembuatan Sel PV.....	57
2.2. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR TRIGONAL	62
A. Desain Fotoreaktor Trigonal.....	62
B. Analisis Geometri Trigonal Sel PV.....	63
2.3. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR TETRAGONAL	72
A. Desain Fotoreaktor Tetragonal	72
2.4. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR PENTAGONAL.....	79
A. Pengantar Analisis	79

2.5. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR HEKSAGONAL.....	93
A. Desain Fotoreaktor Hexagonal	93
2.6. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR HEPTAGONAL.....	106
A. Desain Fotoreaktor Heptagonal	106
B. Sketsa heptagonal	106
2.7. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR OKTAGONAL.....	114
A. Desain Oktagonal	114
2.8. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR NONAGONAL	123
A. Desain Reaktor Nonagonal.....	123
2.9. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR DEKSAGONAL.....	130
A. Deksaonal (segi sepuluh).....	130
B. Sudut (geometri)	130
C. Desain Deksaonal	131
D. Sketsa Deksaonal.....	132
2.10. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR SEGI 12.....	141
A. Desain Fotoreaktor Dodecagon (segi-12).....	141
B. Foto voltaik (PV)	142
C. Desain Dodecagonal	143
2.11. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR SEGI 16.....	154
A. Desain Fotoreaktor Segi-16.....	154
B. Desain Geometri Segi 16 Sel PV.....	155
2.12. DESAIN DAN REKAYASA REAKTOR SILINDER.....	158
A. Silinder/Tabung	158
B. Kerucut	159

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Geometri Tiga Dimensi dan Dua Dimensi	1
Gambar 1.2 Pythagoras.....	3
Gambar 1.3 Euclied	4
Gambar 1.4 David Hilbert.....	5
Gambar 1.5 Al-Khawarizmi.....	6
Gambar 1.6 Teorema Napoleon pada Segitiga untuk Kasus Segitiga Mengarah keluar.....	7
Gambar 1.7 Dimensi Fraktal untuk beberapa Kelompok Rawan Bencana Gempa Bumi...	8
Gambar 1.8 Katedral Anagni.....	9
Gambar 1.9 Sumbu koordinat Kartesius.....	23
Gambar 1.10 Penentuan Panjang Garis dalam koordinat kartesius.....	24
Gambar 1.11 Sistem koordinat Polar.....	25
Gambar 1.12 Kedudukan Koordinat Kartesius dan Polar.....	25
Gambar 1.13 Sistem Koordinat kartesius 3D.....	26
Gambar 1.14 Kurva dalam Sumbu Koordinat Kartesius 3D.....	26
Gambar 1.15 Refleksi.....	27
Gambar 1.16 Translasi.....	28
Gambar 1.17a Sebelum Translasi.....	28
Gambar 1.17b Setelah Translasi.....	28
Gambar 1.18a Ekspansi.....	29
Gambar 1.18b Reduksi, $k=2/3$	30
Gambar 1.19 "Harmonices mundi".....	37
Gambar 1.20 "Jeux de panneaux" dan "Unité D'Habitation ".....	37
Gambar 1.21 Dua Hiasan berdasarkan sama Urutan Transformasi Kongruensi.....	38
Gambar 1.22 Studi melipat dan Origami Industry.....	39
Gambar 1.23 Phaeno Science Center, Wolfsburg, Jerman, dibangun oleh Zaha Hadid, 2005.....	40
Gambar 1.24 Pola untuk Fasilitas Start Kepala, Gambar dan Model, Cohen, 1994	41
Gambar 2.1 Transfer Energi dari Matahari	55
Gambar 2.2 Rangkaian Ekvivalen pada Sel Tunggal.....	57
Gambar 2.3 Hubungan antara Arus (I) dengan Tegangan (V).....	57
Gambar 2.4 Contoh Bidang Planar.....	58
Gambar 2.5 Skema dan Design Sel PV yang dibuat.....	58
Gambar 2.6 Rancangan Sel PV.....	59

Gambar 2.7 Dua Buah Bulk Saling Bersisian (Segi 4)	62
Gambar 2.8 Sketsa Reaktor Geometri Tetragonal Sel PV (Model I).....	72
Gambar 2.9 Sketsa Reaktor Geometri Tetragonal Sel PV (Model II).....	74
Gambar 2.10 Sketsa Reaktor Geometri Tetragonal Sel PV (Model III).....	75
Gambar 2.11 Arah Sinar Datang Membentuk Sudut terhadap Normal Bidang Panel Sel Surya.....	77
Gambar 2.12 Menggambar Segi Enam.....	93
Gambar 2.13 Fotoreaktor Hexagonal.....	93
Gambar 2.14 Seberang Flat Vs Seberang Sudut.....	94
Gambar 2.15 Dua Buah Bulk Saling Bersisian (Segi 16).....	97
Gambar 2.16 Sketsa Reactor Geometri Hexagonal (Model I).....	98
Gambar 2.17 Sketsa Reactor Geometri Hexagonal (Model II).....	101
Gambar 2.18 Sketsa Reactor Geometri Hexagonal (Model III).....	103
Gambar 2.19 Dua Buah Bulk Saling Bersisian (Segi 10).....	106
Gambar 2.20 Sketsa Reaktor Geometri Heptagonal (Model I).....	107
Gambar 2.21 Sketsa Reaktor Geometri Heptagonal (Model II).....	109
Gambar 2.22 Sketsa Reaktor Geometri Heptagonal (Model III).....	111
Gambar 2.23 Dua Buah Bulk Saling Bersisian (Segi 8).....	114
Gambar 2.24 Sketsa Reaktor Geometri Oktagonal (Model I).....	114
Gambar 2.25 Sketsa Reaktor Geometri Oktagonal (Model II).....	117
Gambar 2.26 Sketsa Reaktor Geometri Oktagonal (Model III).....	120
Gambar 2.27 Segi 9 Beraturan.....	123
Gambar 2.28 Nonagonal (Model I).....	124
Gambar 2.29 Nonagonal (Model II).....	126
Gambar 2.30 Dua Buah Bulk Saling Bersisian (Segi 10).....	131
Gambar 2.31 Model 1 Bulk.....	132
Gambar 2.32 Sketsa Reaktor Geometri Deksaagonal (Model I).....	132
Gambar 2.32 Sketsa Reaktor Geometri Deksaagonal	133

Gambar 2.33 Sketsa Reaktor Geometri Deksaagonal (Model II).....	135
Gambar 2.34 Sketsa Reaktor Geometri Deksaagonal	136
Gambar 2.35 Sketsa Reaktor Geometri Deksaagonal (Model III).....	138
Gambar 2.36 (a) Sudut Interior Dodecagon, (b) Ukuran Sudut Tengah Dodecagon.....	142

Sejarah Perkembangan Geometri

Matematika merupakan aspek yang unik dari hasil pemikiran manusia, dan sejarahnya berbeda dengan sejarah lainnya. Matematika lahir dan berkembang sejak dimulainya peradaban manusia. Sejarah mencatat bahwa matematika telah banyak digunakan oleh masyarakat sejak zaman dahulu, meskipun dalam bentuk yang paling sederhana seperti membilang atau mengukur. Hal ini menunjukkan bahwa matematika muncul sebagai solusi di tengah-tengah permasalahan kehidupan sosial masyarakat.

Sejarah berkembangnya matematika menunjukkan bahwa ada interaksi yang nyata antara matematika dan aplikasinya. Artinya banyak ide-ide matematika yang dikembangkan dari konteks nyata yang melingkupi masyarakat waktu itu. Sebagai contoh geometri. Cabang matematika ini berkembang dari zaman Mesir kuno, di mana banyak petani mengukur tanah garapannya di sekitar sungai Nil, yang hampir tanah garapannya berbentuk segitiga. Proses ini melahirkan cara bagaimana mengukur luas segitiga. Dari pengalaman empiris ini, berkembang ke bangun datar lain. [1]

Geometri merupakan salah satu cabang dari matematika yang memuat konsep mengenai titik, garis, bidang dan benda-benda ruang beserta sifat-sifatnya, ukuran-ukurannya, antara satu dengan yang lain. Kata geometri berasal dari bahasa Yunani *geometrein*, *geo* artinya bumi dan *metrein* artinya untuk mengukur. Geometri kuno sebenarnya adalah kumpulan proses aturan dari pengalaman yang berhasil dicapai melalui suatu percobaan, analogi dari pengamatan, menebak, dan kadang-kadang datang dari intuisi. Abstraksi geometri dalam dunia nyata adalah tiga dimensi panjang, lebar, dan tinggi dan secara umum meniadakan kualitas lain seperti warna, kasar atau halus permukaan. Geometri mampu membakukan bentuk-bentuk yang sama pada alam supaya dapat dipahami oleh semua orang di dunia.[1]

Gambar 1.1 : Geometri Tiga Dimensi dan Dua Dimensi

Sumber : <https://id.pinterest.com>

Pengenalan fakta geometris terisolasi kembali sebelum awal sejarah tercatat. Tentu saja orang-orang egyptian awal dan babylon (4000-3000 SM) mengetahui banyak hubungan geometris yang praktis. Pembangunan piramida sendiri memerlukan geometri praktis yang cukup besar. [3]

Ilmuan Yunani bersepakat bahwa Bangsa Mesir adalah bangsa pertama yang menemukan ilmu matematika. Iblato salah satu ilmuan Yunani mengatakan bahwa dewa Mesir yang bernama Tut telah menemukan banyak ilmu diantaranya ilmu hitung, geometri dan astronomi. Ilmuan Yunani Aristotle's mengeskakan bahwa matematika lahir di Mesir karena para pendeta pada masa Fir'aun memiliki banyak waktu kosong yang mengijinkan mereka untuk mempelajari matematika secara mendalam. Disamping itu, ilmuwan Yunani Hirudut mengatakan bahwa geometri lahir di Mesir pada awalnya dan kemudian pindah ke Yunani. [5]

Tapi orang-orang Yunani kuno yang mengumpulkan fakta geometris yang diketahui, menemukan yang baru, dan mengaturnya menjadi sistem yang konsisten secara logis. (Kata geometri berasal dari dua kata Yunani, ge yang berarti "bumi", dan metrei yang berarti "ukuran", yang menunjukkan bahwa awalnya dianggap sebagai "pengukuran bumi.") Proses pengorganisasian dan penemuan ini memakan waktu berabad-abad dan menguasai pikiran. Dari daftar panjang pria mampu. Ingatlah bahwa berabad-abad sebelum, selama, dan setelah periode pengaruh politik Yunani terbesar (abad ke-4 dan ke 5 SM) adalah masa-masa aktivitas intelektual yang kuat. Pikiran utama tertarik pada gagasan dari semua jenis. Matematis hanyalah salah satu kepentingan mereka.

Beberapa geometri awal ini pantas mendapat perhatian khusus baik karena keunggulan matematika mereka atau karena pengaruhnya terhadap filsuf atau sains masa lalu. Salah satu ilmuwan awal ini adalah Thales dari Miletos (6 SM) yang menjadi salah satu dari tujuh orang bijak pada zamannya. Dia adalah ahli matematika Yunani pertama dan astronom Yunani pertama. Selain mengetahui beberapa fakta geometris, dia mungkin tahu banyak bukti dari mereka. Ilmuwan Yunani penting berikutnya bagi kita adalah Pythagoras (akhir abad ke 6 SM), yang mendirikan sebuah sekolah, atau persaudaraan, di Croton, Sisilia (bagian dari Greater Greece saat itu). Seringkali sulit membedakan apakah sebuah penemuan berasal dari Pythagoras atau salah satu pengikutnya. Semua gagasan adalah milik komunal persaudaraan. Selain teorema Pythagoras tentang segitiga yang benar, dia (atau sekolahnya) membuat penemuan terkenal dalam musik, astronomi, dan aritmatika. [3]

Pythagorean matematika adalah aktivitas keilahian dan mengandung unsur metafisik. Pythagorean adalah sebuah komunitas dari murid-murid Pythagoras. Pythagoras adalah seorang ahli geometri dan filsuf dari Yunani. Tidak seperti murid-murid di Lyceum milik Aristoteles atau Academia milik Plato, para Pythagorean selain mempelajari matematika, mereka memiliki kepercayaan mistik dan tradisi yang ketat. Beberapa konsep matematika yang dipelajari di sekolah maupun perguruan tinggi sekarang ini, lahir dari pemikiran Pythagoras. Salah satunya yang masih dipakai sampai sekarang adalah teorema Pythagoras berupa perbandingan kuadrat sisi-sisi segitiga ($a^2 + b^2 = c^2$). [8]

Gambar 1.2 : Pythagoras

Sumber : <https://www.thinglink.com/scene/609402418718834689>

Salah satu geometer Yunani di sebelahnya patut disebutkan di sini karena ketenarannya sangat sedikit dibandingkan dengan nilainya. Pria ini adalah Eudoxus dari Cnidus (abad ke-4 SM), salah satu matematikawan terkemuka sepanjang masa. Jika ketenaran bergantung pada teori proposi umum, konstruksi geometris tertentu, dan "metode kelelahannya." Dia hidup pada masa Plato.

Kami menemukan bahwa geometri Yunani yang terorganisir dan diperluas untuk kesenangan mental mereka sendiri. Deduktif geometri (yaitu, dengan bukti dari asumsi sederhana) benar-benar sebuah penemuan Yunani. Orang-orang ini sama sekali tidak mencari aplikasi praktik; Sebenarnya, sebuah aplikasi berpendidikan bahasa Yunani yang menganggap geometri berada di bawah martabatnya. Pada saat Plato (kasta ke-4 SM), ilmuwan Yunani memiliki badan geometri yang cukup terorganisir dengan baik dan mungkin juga teks geometris yang ditulis anggota akademi Plato.

Sejauh ini yang paling terkenal dari geometri Yunani kuno adalah Euclid, ho menulis Elemen sekitar 300 SM. Karya ini adalah buku teks yang paling sukses sepanjang masa dan digunakan di seluruh dunia sampai abad sekarang. Ini terdiri dari 13 "buku," enam yang pertama berhubungan dengan geometri pesawat. Unsur-unsurnya tidak hanya banyak digunakan seperti ditulis (atau diterjemahkan); Itu juga model untuk buku-buku lain yang tak terhitung banyaknya.

Isaac Newton, ahli matematika dan fisika Inggris kuno, menulis buku besarnya, Principia, dalam "Gaya Geometris" meskipun ini sering cenderung

menyembunyikan jalan yang dia ambil untuk membuat penemuannya. Sebagian besar buku geometri yang digunakan di sekolah menengah Amerika saat ini agak diubah dan disederhanakan versi Elemen Euclid's. Sungguh mengherankan, dan merupakan penghormatan yang besar kepada Euclid, bahwa buku ini telah mempertahankan nilainya selama lebih dari 2000 tahun. [3]

Gambar 1.3 : Euclid

Sumber : <http://www.thefamouspeople.com>

Dalam matematika, geometri umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis, Euclid dan non-Euclid. Geometri Euclid sangat erat kaitannya dengan matematikawan Yunani, Euclid. Dia menghasilkan karya yang monumental dalam geometri, *The Element* yang terdiri dari 13 bagian buku. Dalam geometri ini, terdapat lima postulat (aksioma/teorema) yang sangat terkenal. Empat postulat pertama sangat jelas dan mudah dibuktikan, tetapi postulat yang kelima menimbulkan perdebatan diantara para matematikawan.

Postulat kelima tersebut dikenal dengan postulat kesejajaran geometri Euclid. Isi dari postulat kelima tersebut secara garis besar adalah “Jika suatu garis lurus t memotong dua garis lurus l dan m dimana garis l dan m membentuk sudut dalam sepihak kurang dari 180° maka kedua garis ini akan berpotongan.”

Banyak matematikawan yang mencoba membuktikan postulat kelima ini. Usaha mereka gagal, tapi tidak sia-sia. Karena dari usaha tersebut mengakibatkan munculnya geometri non-Euclid. Geometri non-Euclid masih berdasarkan empat postulat pertama dari Euclid dan hanya berbeda pada postulat kelimanya. Ada dua macam geometri non-Euclid. Pertama ditemukan hampir bersamaan oleh 3 tokoh berlainan dan masing-masing bekerja sendiri.

Tokoh-tokoh tersebut adalah Karl Friedrich Gauss dari Jerman, Yonos Bolyai dari Hongaria, dan Nicolai Ivanovitch Lobachevsky dari Rusia, geometri ini

disebut geometri Lobachevsky (geometri hiperbolik). Yang kedua adalah geometri yang ditemukan oleh G.F.B. Bernhard Riemann dari Jerman, geometri ini disebut geometri Eliptik atau geometri Riemann Geometri hiperbolik berlandaskan empat postulat awal Euclid dan postulat kelima pada geometri hiperbolik berbeda dengan geometri Euclid.

Postulat kelima ini didapatkan dengan mengambil kontradiksi dari postulat kesejajaran pada geometri Euclid, dan disebut postulat kesejajaran geometri hiperbolik. Secara garis besar bunyi postulatnya adalah “melalui satu titik di luar sebuah garis dapat dibuat lebih dari satu garis (tepatnya dua garis) yang sejajar dengan garis tersebut”. Geometri hiperbolik ini tergolong baru karena ditemukan pada abad ke-19. [1]

Dengan bangkitnya Kekaisaran Romawi, Yunani menolak sebagai kekuatan politik namun mempertahankan keunggulannya sebagai pusat pembelajaran dan budaya sampai era Kristen. Tapi ketika Roma jatuh ke barbar dari utara pada abad ke 5 M., "zaman kegelapan" dimulai. Selama masa kegelapan, penelitian matematika sebagian besar berada di tangan orang Arab. (Kata kami aljabar berasal dari arab). Karya ilmiah yang serius di Eropa hampir terhenti sampai Renaisans, atau kebangkitan belajar, pada abad ke-14.

Dimulai dengan abad ke-16, aktivitas matematika terutama ada di bidang-bidang selain geometri klasik, terutama setelah penemuan kalkulus oleh Newton dan Leibniz pada abad ke-17. Namun demikian, studi signifikan dalam geometri dibuat yang memuncak dalam penemuan, pada abad ke-19 oleh K.F. Gauss, N. Lobachevski, dan J. Bolyai, secara independen, bahwa geometri lain yang dimiliki Euclid mungkin dan sama benarnya (tepat, benar secara logika).

Pada abad ke-19, manusia menjadi sadar bahwa ada beberapa asumsi yang dibuat oleh Euclid yang sebenarnya tidak menyatakannya. Oleh karena itu geometri Euclidean kembali diperiksa dan dibuat lengkap dan tepat sesuai standar modern. Perlakuan Euclidean pertama yang benar-benar lengkap diterbitkan oleh matematikawan Jerman David Hilbert pada tahun 1899. Buku kami didasarkan pada perlakuan hilbert (dengan sedikit penyederhanaan). Dengan demikian Anda akan belajar geometri yang hampir berusia 2300 tahun namun dalam bentuk modern. [3]

Gambar 1.4 : David Hilbert

Sumber : <https://id.pinterest.com>

Al-Khawarizmi sebagai guru Aljabar di Eropa telah menciptakan pemakaian Secans dan Tangen dalam penyelidikan Trigonometri dan Astronomi. Beberapa cabang ilmu dalam Matematika yang di perkenalkan oleh al-Khawarizmi seperti: Geometri, Al jabar, Aritmatika dan lain-lain. Geometri merupakan cabang kedua dalam Matematika. Isi kandungan yang di perbincangkan dalam cabang kedua ini ialah asalusul geometri dan rujukan utamanya ialah Kitab alUstugusat (The Element) hasil karya Euclid.

Geometri dari segi bahasa berasal dari pada perkataan Yunani yaitu 'geo' yang berarti bumi dan 'metri' berarti pengukuran. Dari segi ilmu, Geometri adalah ilmu yang mengkaji hal yang berhubungan dengan magnitud dan sifat-sifat ruang. Geometri ini dipelajari sejak zaman Fir'aun (2000SM). Kemudian Thales Miletus memperkenalkan geometri Mesir kepada Yunani sebagai satu sains dalam kurun abad ke- 6 SM. Seterusnya sarjana Islam telah menyempurnakan kaidah pendidikan sains ini terutama pada abad ke-9M. [7]

Gambar 1.5 : Al-Khawarizmi

Sumber : <http://opinion.bdnews24.com>

Perhatian cendekiawan muslim terhadap geometri Euclidian, terus berlanjut sepanjang abad keduabelas, sebagaimana dibuktikan oleh karya-karya matematika yang dipersiapkan sekolah Maragha, dibawah Nasiruddin Tusi dan al-Magribi, kitabul mutawassitat (the book of triangles), diantaranya menguraikan karya dari Appolonius dan Theodosius. Ahli geometri Muslim lain abad itu ialah kamaluddin ibnu Yunus, abdul Malik asy-Syirazi, yang telah menulis tentang Conics karya Appolonius dan Muhammad Ibnul Husain, yang telah menulis sebuah risalah tentang “kompas yang sempurna, dengan memakai semua bentuk kerucut yang dapat digambar, juga, al Hasan al-Marakkusi telah menulis tentang Geometri dan gnomonics [9]

Teorema Napoleon pada segitiga dikemukakan oleh seorang tokoh yang bernama Napoleon Bonaparte (1769-1821) dia adalah seorang kaisar Perancis dan tokoh matematika dalam bidang geometri . Teorema Napoleon pada segitiga tersebut adalah jika segitiga sama sisi dibangun pada setiap sisi segitiga sebarang mengarah ke luar. Selanjutnya pada setiap segitiga sama sisi tersebut terdapat titik pusat yang merupakan titik sudut dari sebuah segitiga sama sisi yang baru. Teorema Napoleon pada segitiga dapat dibuktikan dengan geometri dan aljabar trigonometri. [10]

Gambar 1.6 Teorema Napoleon pada Segitiga untuk Kasus Segitiga Mengarah keluar

Sumber : Valentika, Citra dkk. 2016. *Pengembangan Teorema Napoleon pada Jajaran Genjang untuk Kasus Mengarah ke Luar*. Pekanbaru: Jurnal Sains Matematika dan Statistika. Vol. 2, No.1.

Perkembangan Geometri pada abad 19 s.d. abad 20

Salah satu usaha untuk melakukan pembagian atau pengelompokan wilayah rawan bencana gempa bumi adalah dengan melakukan analisis terhadap gempa-gempa yang telah terjadi sebelumnya. Analisis fraktal merupakan salah satu metoda yang dapat dipakai untuk mengelompokkan perulangan suatu kejadian gempa. Istilah fractal dibuat oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975 dari kata latin fractus yang artinya patah, rusak atau tidak teratur. Berbagai jenis fraktal awalnya dipelajari sebagai benda matematis. Geometri fraktal adalah cabang matematika yang mempelajari sifat-sifat dan perilaku fraktal.[4]

Fraktal dapat membantu menjelaskan banyak situasi yang sulit dideskripsikan menggunakan geometri klasik seperti geometri euklidian dan kalkulus. Fraktal menyangkut bentuk baru geometri, dimana obyek utamanya adalah struktur alam dengan ketidakberaturan dan kekasaran beberapa skala (Cahn, 1989). Pohon atau pakis merupakan salah satu contoh fraktal di alam.

Bila diambil suatu dari cabang dari satu pohon terlihat bahwa cabang tersebut adalah miniatur dari pohonnya secara keseluruhan yang tidak sama persis, tetapi mirip. Metoda fraktal ini pernah diaplikasikan di daerah Kalifornia bagian selatan dengan menggunakan catalog gempa tahun 1932 – 1972 (Main dan Burton, 1986). Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa dimensi fraktal (D) untuk daerah Kalifornia bagian selatan adalah 1.78. Angka tersebut menunjukkan aktivitas gempa yang sangat banyak yang berasosiasi dengan keberadaan sesar San Andreas.[4]

Gambar 1.7 : Dimensi Fraktal untuk beberapa kelompok rawan bencana gempa bumi.

Sumber : Galih & Handayani.2007. *Pemetaan Pola Terjadinya Gempa Bumi di Indonesia dengan Metode Fraktal*. Bandung: Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 17 No. 2.

Dari beberapa definisi mengenai fraktal, maka diambil pengertian bahwa fraktal adalah sebuah kajian dalam ilmu matematika yang mempelajari mengenai bentuk atau geometri yang didalamnya menunjukkan sebuah proses pengulangan tanpa batas. Geometri yang dilipat gandakan tersebut memiliki kemiripan bentuk satu sama lain (self-similarity), dan pada penyusunan pelipatgandaannya tersebut tidak terikat pada suatu aturan orientasi, bahkan cenderung meliuk liuk dengan ukuran yang beragam mulai dari kecil hingga besar.

Dalam arsitektur, fraktal dipahami sebagai komponen dari bangunan yang mengalami pengulangan bentuk dalam skala yang berbeda. Beberapa arsitek ternama dunia ternyata telah menggunakan pendekatan geometri fraktal dalam karya arsitektur mereka. Seperti yang dilakukan oleh Le Corbusier pada Villa Savoye atau Frank Lloyd Wright pada Palmer House. Bila kita melihat jauh ke belakang, ternyata karya-karya arsitektur klasik atau beberapa arsitektur tradisional juga dapat dijelaskan melalui matematika fraktal.[6]

Interior Katedral Anagni

Lantai Katedral Anagni

Gambar 1.8 : Katedral Anagni

Sumber : Hasang. Stenly dan Surijadi Supardjo. 2012. Geometri Fraktal dalam Rancangan Arsitektur. Manado: Media Matrasain Vol 9 No 1.

Bangunan Katedral yang dibangun pada tahun 1104 ini, terdapat bagian-bagian yang memiliki kemiripan bentuk satu sama lain (self-similarity). Contohnya pada lantai katedral dihiasi dengan puluhan mozaik, masing-masing dalam wujud segitiga Sierpinski. Bentuk segitiga Sierpinski yang mengalami pengulangan bentuk pada mozaik tersebut menunjukkan adanya bentuk fraktal. Karena dibangun sudah cukup lama, bangunan ini mungkin adalah karya arsitektur dengan pendekatan geometri fraktal tertua yang pernah ada. [6]

Referensi

- [1]Arianto, Fuad dan Julan Hernadi. 2016. *Ruang Dasar dan Model Proyeksi Stereografik pada Geometri Hiperbolik*. Ponorogo : Jurnal Silogisme: Kajian Ilmu Matematika dan Pembelajarannya. Vol. 1, No.2.
- [2]Arrifada, Yuni dkk.2016. *Dinamika Perkembangan Matematika Abad Pertengahan Hingga Munculnya Gerakan Renaissance (Implikasinya Terhadap Pembelajaran Matematika di Sekolah)*. Surabaya: Jurnal Fourier. Vol. 5, No. 2.
- [3]Brumfiel, Charles F. dkk. 1960. *Geometry*. London: Addison-Wesley Publishing Company.
- [4]Galih & Handayani.2007. *Pemetaan Pola Terjadinya Gempa Bumi di Indonesia dengan Metode Fraktal*. Bandung: Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 17 No. 2.
- [5]Hasan, Talib Hashim. 2005. *Perkembangan Sistem Bilangan pada Masa Sebelum Islam*. Yogyakarta: Jurnal Kaunia. Vol. I, No.2.
- [6]Hasang. Stenly dan Suriyadi Supardjo. 2012. Geometri Fraktal dalam Rancangan Arsitektur. Manado: Jurnal Media Matrasain Vol 9 No 1.
- [7]Kurnia, Riana A. E. 2011. *Teori Aljabar Al-Khawarizmi*. Malang: Jurnal Hukum dan Syariah. Volume 2, Nomor 2.
- [8]Kurniawan, Wiwit. 2015. *Religiositas Matematika dalam Sekte Pythagorean*. Yogyakarta: Jurnal Studi Agama-Agama. Vol. 5, No. 1.
- [9]Muhtar, Fathurrahman. 2014. *Abu Abdullah Ibn Musa Al-Khawarizmi (Pelopor Matematika dalam Islam)*. Mataram: Jurnal Beta. Vol. 7 No. 2.
- [10]Valentika, Citra dkk. 2016. *Pengembangan Teorema Napoleon pada Jajaran Genjang untuk Kasus Mengarah ke Luar*. Pekanbaru: Jurnal Sains Matematika dan Statistika. Vol. 2, No.1.

<http://opinion.bdnews24.com>

<http://www.thefamouspeople.com>

<https://id.pinterest.com>

<https://www.thinglink.com/scene/609402418718834689>

DISAIN PLANAR

Photovoltaic adalah salah satu metode pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan material semikonduktor. Sistem *photovoltaic* ini menggunakan *sel pv* yang dapat menghasilkan energi listrik secara langsung dari matahari. Untuk memaksimalkan energi listrik yang diperoleh dari *sel pv*, salah satu teknik yang dapat diterapkan adalah dengan menambah luas permukaan tangkap sinar matahari pada sisi bidang *sel pv* dengan menggunakan *bulk* yang berfungsi sebagai *reflector* sinar matahari.

Pada penelitian ini, *reflector* tersebut dipasang mengelilingi seluruh bidang *bulk* dengan kemiringan tertentu. Sedangkan luasan *bulk* yang digunakan sebagai *reflector*, divariasi kan dengan mengatur panjang *bulk* tersebut pada beberapa variasi panjang tertentu. Pada pengujiannya, *bulk* tersebut diletakkan dengan menggunakan kemiringan tertentu, yang besarnya mengikuti arah timur ke barat pergerakan matahari. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa semakin luas *reflector* akan menghasilkan daya listrik yang semakin besar, demikian pula dengan efisiensi yang dihasilkan.

Akan tetapi, kami hanya menganalisis dan mendesain bagian proses penempatan geometri pada Sel PV yang meliputi Luas, Ketebalan dan Keliling pada desain planar serta faktor kontak pada penempatan pada sudut titik sumber datang cahaya yang akan memancarkan sinar pada seluruh permukaan pada *bulk*.

Kata kunci : *photovoltaic, sel pv, reflector, bulk*

1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia, maka kebutuhan energi listrik penduduk terus juga meningkat. Peningkatan kebutuhan ini akan memerlukan sumber energi yang lebih banyak, padahal persediaan bahan bakar fosil sudah semakin menipis. Hal ini membuat banyak usaha yang telah dilakukan untuk pencarian sumber-sumber energi alternatif yang sering disebut sebagai sumber energi baru dan terbarukan.

Energi surya merupakan salah satu sumber energi potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada dua macam teknologi yang dapat diterapkan, yaitu teknologi energi surya termal dan *photovoltaic*. Energi surya *photovoltaic* adalah sebuah alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat menyerap energi panas matahari untuk menyuplai energi listrik.

Saat ini efisiensi penggunaan *sel pv* yang didapatkan masih relatif rendah. Penerimaan radiasi matahari pada modul *sel pv* dapat mempengaruhi hasil keluaran daya listrik. Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensinya tersebut adalah dengan menambah luasan permukaan

tangkap sinar matahari pada sisi bidang *sel pv planar* dengan pemanfaatan *bulk* sebagai *reflector*.

➤ Dasar Teori

Sejarah Photovoltaic

Efek photovoltaic pertama kali dikenali pada tahun 1839 oleh fisikawan Perancis Alexandre-Edmond Becquerel. Akan tetapi, sel surya yang pertama dibuat baru pada tahun 1883 oleh Ilmuan Charles Fritts, yang melingkupi semikonduktor selenium dengan sebuah lapisan emas yang sangat tipis untuk membentuk sambungan- sambungan. Alat tersebut hanya memiliki efisiensi 1%. Russell Ohl mematenkan sel surya modern pada tahun 1946 (U.S. Patent 2,402,662 , "Light sensitive device"). Masa emas teknologi tenaga surya tiba pada tahun 1954 ketika Bell Laboratories, yang bereksperimen dengan semikonduktor, secara tidak disengaja menemukan bahwa silikon yang di doping dengan unsur lain menjadi sangat sensitif terhadap cahaya.

Hal ini menyebabkan dimulainya proses produksi sel surya praktis dengan kemampuan konversi energi surya sebesar sekitar 6 persen.

Gambar 1. Transfer Energi dari Matahari

Gambar di atas mengilustrasikan transfer energi dari matahari ke bagian- bagian Bumi. Dapat terlihat bahwa sekitar setengah dari energi masuk diserap oleh air dan daratan, sedangkan yang lainnya diradiasikan kembali ke luar angkasa. (nilai 1 PW = 1015 W).

Konversi dan Efisiensi Sel Potovoltaik

Bila sel-sel semikonduktor terkena cahaya matahari, maka foton - foton yang jatuh pada permukaan semikonduktor PV akan menghasilkan pasangan-pasangan electron dan hole. Elektron - elektron akan cenderung untuk berjalan ke arah negative (tipe N), sedangkan lubang (hole) akan cenderung untuk berjalan ke arah daerah yang bermuatan positif (tipe P). Bila positif dan negatif diberi sambungan listrik, maka terjadilah aliran arus listrik dalam sambungan itu. Besarnya arus listrik atau tenaga listrik yang diperoleh tergantung antara lain dari jumlah energi cahaya yang mencapai sel-sel semikonduktor dan tergantung dari luas permukaan sel PV.

Tegangan yang dibangkitkan sel surya sangat tergantung oleh luas sel surya tersebut. Jika dihitung secara matematika efisiensi konversi energi dapat ditulis sebagai berikut.

$$\eta = \frac{(VI)}{(P. a)}$$

Keterangan : η = Efisiensi Konversi

V = Tegangan yang dibangkitkan sel surya

I = Arus sel surya

P = Rapat daya matahari yang jatuh pada sel surya

a = Luas sel surya

Rumus efisiensi konversi energi diatas dapat ditulis sebagai berikut :

$$\eta = \frac{(F_i I_s V_o)}{(P a)}$$

Keterangan :

F_i = Faktor Isi (Fill Factor)

I_s = Arus hubung singkat

V_o = Tegangan tanpa beban

P = Rapat daya matahari yang jatuh pada sel surya

a = Luas sel surya

Sel PV merupakan sel semikonduktor sebagai sumber energi. Sel tunggal yang

menjadi sumber energi dapat disusun secara seri-paralel dan menjadi arah apabila memiliki beberapa *sel PV* kumpulan. Dalam susunan seri, akan menghasilkan arus yang sama, namun tegangan pada *sel PV* akan bertambah. Pada susunan paralel, tegangan tetap namun arus semakin besar. Sel surya merupakan sel non linear, sehingga untuk menjelaskan hubungan antara arus dan tegangan tidaklah mudah secara matematik, diperlukan pemodelan.

Model Sel PV dimodelkan dengan memparalelkannya dengan diode. Pada saat tidak diiluminasi, maka arus yang ada adalah arus diode (I_D). Pada saat iluminasi, maka sel PV berfungsi sebagai sumber arus dan arus (I_L) yang dihasilkan meningkat sesuai dengan semakin bertambahnya intensitas cahaya.

Gambar 1.1 Rangkaian ekivalen pada sel tunggal

Model ini menggambarkan adanya sumber arus fotolistrik (I_L), satu diode dan hambatan seri R_s dimana menggambarkan hambatan setiap sel dan koneksi antara sel. Arus yang didapat adalah selisih antara arus fotolistrik (I_L) dan arus diode (I_D)

Gambar 1.2 . Hubungan antara arus (I) dengan Tegangan (V)

➤ Perancangan dan Pembuatan Sel PV

Sebelum kami melakukan perancangan desain pada bidang planar , terlebih dahulu kami jelaskan apa yang dimaksud bidang planar. Bidang planar adalah bidang datar

dengan sisi yang tidak saling memotong (bersilangan) sudut satu dengan sudut yang lain.

a) **Bidang planar**

b) **Bidang tidak planar**

Gambar 1.3 contoh bidang planar

Rancangan sel PV dibuat dengan model sketsa gambar reaktor geometri pada bidang ruang planar. Pada Rancangan ini bagian dalam nya terdapat celah kecil dengan jarak 5 mm ke arah sisi luar dan sisi dalam. Elektrolit akan dimasukan kedalam celah tersebut yang dinamakan dengan *bulk* atau *reaktor*. Pada satu sisi planar terdapat 2 buah *bulk* yang bersisian.

Design atau rancangan sel PV dibuat dengan model Design 1, sebagai berikut

Tebal pada bulk masing-masing 5mm depan, celah, belakang

Gambar 1.4 Skema dan design sel PV yang dibuat

(Oleh: Firmansyah Khairul Kamal)

Dari gambar diatas kita dapat menghitung volume dari ruang Planar dengan

menggunakan rumus trigonometri serta aturan cosinus untuk menghitung luas permukaan, bila ditengah ruang ditempatkan satu titik sumber cahaya, yang akan memancarkan sinar ke seluruh permukaan.

Penyelesaian :

Diketahui tinggi bangun ruang Planar = 40 cm

Lebar = 9 cm x 2 bulk

=18 cm

Tebal = 5 mm depan + 5 mm celah + 5 mm belakang

=15 mm

= 1.5 cm

n (Lempeng Kaca) = 2 bulk

Jawab :

a. Luas bangun Lempeng Kaca dalam (1 Lempeng Bulk)

$$= 2 (p \times l + p \times t + l \times t)$$

$$= 2 (18 \times 1,5 + 18 \times 40 + 1,5 \times 40)$$

$$= 2 \times 807$$

$$= 1.614 \text{ cm}^2$$

Luas total Lempeng bulk

$$= 2 \times \text{Luas lempeng Kaca}$$

$$= 2 \times 1.614 \text{ cm}^2$$

$$= 3.228$$

b. Luas balok Penyangga berbentuk (kubus)

Ada 4 kubus yang menempel pada 2 lempeng bulk tersebut

Dit : Luas Kubus (Lk)

Luas kubus penyangga (Lkp)

Jawaban :

$$\begin{aligned}\text{Luas kubus} &= 6 s^2 \\ &= 6 (1,5)^2 \text{ cm} \\ &= 6 (2,25) \text{ cm} \\ &= 13,5 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{L.Kubus (penyangga)} &= 4 \times \text{Lk} \\ &= 4 \times 13,5 \text{ cm}^2 \\ &= 54 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

c. Luas permukaan elektron untuk reaksi foton

$$\begin{aligned}&= (s - 8) (t - 4) \cdot n \\ &= (18 \text{ cm} - 8) (40 \text{ cm} - 4) \cdot 2 \\ &= 10 \text{ cm} \cdot 36 \text{ cm} \cdot 2 \\ &= 720 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

d. Luas permukaan untuk reaksi elektrolit

$$\begin{aligned}&= (s - 4) \cdot 40 \text{ cm} \cdot n \\ &= (18 \text{ cm} - 4) \cdot 40 \text{ cm} \cdot 2 \\ &= 14 \text{ cm} \cdot 80 \text{ cm} \\ &= 1.120 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

e. Luas permukaan reaktor

$$\begin{aligned}&= \frac{1}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n} \\ &= \frac{s^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}}{4 (1 - \cos \frac{360^\circ}{n})} \\ &= \frac{(18 \text{ cm})^2 \times \sin \frac{360^\circ}{10}}{4 (1 - \cos \frac{360^\circ}{10})} \\ &= \frac{324 \text{ cm}^2 \times 0.5877}{4 \times 0.2} = 238,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

f. Luas Bidang Planar

$$\begin{aligned}
&= \frac{n}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n} \\
&= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}} \\
&= \frac{2 \times (18\text{cm})^2}{4} \times \frac{\sin 36^\circ}{1 - \cos 36^\circ} \\
&= 162 \text{ cm}^2 \times \frac{0.5877}{0.2} = 476.03 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

g. Volume Bidang Planar

Volume Bidang Planar = luas planar x tinggi

$$\begin{aligned}
&= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}} \times t \\
&= 476.03 \text{ cm}^2 \times 40\text{cm} \\
&= 19.041,48\text{cm}^3
\end{aligned}$$

Reaktor dengan sketsa model planar kedua yang memiliki tinggi 36.4 cm dan lebar 4 cm serta ketebalan (0.2 mm + 0.28 mm + 0.4 mm). Ditengah tuang ditempatkan satu titik sumber cahaya yang akan memancarkan sinarnya ke seluruh bagian permukaan.

Penyelesaian :

Diketahui tinggi bangun ruang planar = 36.4 cm

Lebar = 4 cm

$$= 4 \text{ cm} \times 2 \text{ bulk}$$

$$= 8 \text{ cm}$$

Tebal = (0.2 mm + 0.28 mm + 0.4 mm)

$$= 0,88 \text{ mm}$$

$$= 0,088 \text{ cm}$$

Jawab :

a. Luas bangun Lempeng Kaca dalam (1 Lempeng Bulk)

$$= 2 (p \times l + p \times t + l \times t)$$

$$= 2 (8 \times 0,088 + 8 \times 36,4 + 0,088 \times 36,4)$$

$$= 2 \times 324,227$$

$$= 648,454 \text{ cm}^2$$

Luas total Lempeng bulk

$$= 2 \times \text{Luas lempeng Kaca}$$

$$= 2 \times 1.296,908 \text{ cm}^2$$

$$= 2.593,816$$

- b. Luas balok Penyangga berbentuk (kubus)

Ada 4 kubus yang menempel pada 2 lempeng bulk tersebut

Dit : Luas Kubus (Lk)

Luas kubus penyangga (Lkp)

Jawaban :

$$\begin{aligned} \text{Luas kubus} &= 6 s^2 \\ &= 6 (0,088)^2 \text{ cm} \\ &= 6 (0,00774) \text{ cm} \\ &= 0,046 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L.Kubus (penyangga)} &= 4 \times \text{Lk} \\ &= 4 \times 0,046 \text{ cm}^2 \\ &= 0,184 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- c. Luas permukaan elektron untuk reaksi foton

$$\begin{aligned} &= (s - 8) (t - 4) \cdot n \\ &= (8 \text{ cm} - 8) (36,4 \text{ cm} - 4) \cdot 2 \\ &= 0 \text{ cm} \cdot 32,4 \text{ cm} \cdot 2 \\ &= 64,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- d. Luas permukaan untuk reaksi elektrolit

$$= (s - 4) \cdot 36,4 \text{ cm} \cdot n$$

$$= (8 \text{ cm} - 4) \cdot 36,4 \text{ cm} \cdot 2$$

$$= 4 \text{ cm} \cdot 72,8 \text{ cm}$$

$$= 291,2 \text{ cm}^2$$

e. Luas permukaan reaktor

$$= \frac{1}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}$$

$$= \frac{s^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}}{4 (1 - \cos \frac{360^\circ}{n})}$$

$$= \frac{(8 \text{ cm})^2 \times \sin \frac{360^\circ}{10}}{4 (1 - \cos \frac{360^\circ}{10})}$$

$$= \frac{64 \text{ cm}^2 \times 0.5877}{4 \times 0.2} = 1,88064 \text{ cm}^2$$

f. Luas Bidang Planar

$$= \frac{n}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}$$

$$= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}}$$

$$= \frac{2 \times (8 \text{ cm})^2}{4} \times \frac{\sin 36^\circ}{1 - \cos 36^\circ}$$

$$= 128 \text{ cm}^2 \times \frac{0.5877}{0.2} = 376.128 \text{ cm}^2$$

g. Volume Bidang Planar

Volume Bidang Planar = luas planar x tinggi

$$= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}} \times t$$

$$= 376.128 \text{ cm}^2 \times 36,4 \text{ cm}$$

$$= 13.69159,2 \text{ cm}^3$$

Reaktor dengan sketsa model deksagonal ketiga yakni memiliki tinggi 36.4 cm dan lebar 4 cm serta ketebalan 0.2 mm . Ditengah tuang ditempatkan satu titik sumber cahaya

yang akan memancarkan sinarnya ke seluruh bagian permukaan.

Penyelesaian :

Diketahui tinggi bangun ruang planar = 36.4 cm

Lebar = 4 cm

$$= 4 \text{ cm} \times 2 \text{ bulk}$$

$$= 8 \text{ cm}$$

Tebal = 0,2 mm

$$= 0,02 \text{ cm}$$

a. Luas bangun Lempeng Kaca dalam (1 Lempeng Bulk)

$$= 2 (p \times l + p \times t + l \times t)$$

$$= 2 (8 \times 0,02 + 8 \times 36,4 + 0,02 \times 36,4)$$

$$= 2 \times 292,088$$

$$= 584,176 \text{ cm}^2$$

Luas total Lempeng bulk

$$= 2 \times \text{Luas lempeng Kaca}$$

$$= 2 \times 584,176 \text{ cm}^2$$

$$= 1168,352$$

b. Luas balok Penyangga berbentuk (kubus)

diket :

0,02 cm

Jarak Celah

Ada 4 kubus yang menempel pada 2 lempeng bulk tersebut

Dit : Luas Kubus (Lk)

Luas kubus penyangga (Lkp)

Jawaban :

$$\text{Luas kubus} = 6 s^2$$

$$= 6 (0,02)^2 \text{ cm}$$

$$= 6 (0,0004) \text{ cm}$$

$$= 0,0024 \text{ cm}^2$$

$$\text{L.Kubus (penyangga)} = 4 \times \text{Lk}$$

$$= 4 \times 0,0024 \text{ cm}^2$$

$$= 0,0096 \text{ cm}^2$$

c. Luas permukaan elektron untuk reaksi foton

$$= (s - 8) (t - 4) \cdot n$$

$$= (8 \text{ cm} - 8) (36,4 \text{ cm} - 4) \cdot 2$$

$$= 0 \text{ cm} \cdot 32,4 \text{ cm} \cdot 2$$

$$= 64,8 \text{ cm}^2$$

d. Luas permukaan untuk reaksi elektrolit

$$= (s - 4) \cdot 36,4 \text{ cm} \cdot n$$

$$= (8 \text{ cm} - 4) \cdot 36,4 \text{ cm} \cdot 2$$

$$= 4 \text{ cm} \cdot 72,8 \text{ cm}$$

$$= 291,2 \text{ cm}^2$$

e. Luas permukaan reaktor

$$= \frac{1}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}$$

$$= \frac{s^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}}{4 (1 - \cos \frac{360^\circ}{n})}$$

$$= \frac{(8 \text{ cm})^2 \times \sin \frac{360^\circ}{10}}{4 (1 - \cos \frac{360^\circ}{10})}$$

$$= \frac{64 \text{ cm}^2 \times 0.5877}{4 \times 0.2} = 1,88064 \text{ cm}^2$$

f. Luas Bidang Planar

$$= \frac{n}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}$$

$$= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}}$$

$$= \frac{2 \times (8\text{cm})^2}{4} \times \frac{\sin 36^\circ}{1 - \cos 36^\circ}$$

$$= 128 \text{ cm}^2 \times \frac{0.5877}{0.2} = 376.128 \text{ cm}^2$$

g. Volume Bidang Planar

Volume Bidang Planar = luas planar x tinggi

$$= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}} \times t$$

$$= 376.128 \text{ cm}^2 \times 36,4 \text{ cm} = 13.69159,2 \text{ cm}^3$$

DAFTAR PUSTAKA

1. Alturaif, H. A., A. Lothman ZA, Shapter, J. G. & Wabaidur, S. M. 2014. *Use of carbon nanotubes (CNTs) with polymers in solar cells*. *Molecules*, 19, 17329-17344.
2. Ariswan. 2010. *Prospek penelitian dan aplikasi fotovoltaiik sebagai sumber energi alternatif di Indonesia*. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UNY.
3. Beiser, A. 1992. *Konsep Fisika Modern*, Jakarta, Erlangga.
4. Culp, A. W. Jr. 1984. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*, Jakarta, Erlangga.
5. Dewi, A. Y & Antonov. 2013. *Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di Institut Teknologi Padang*. *J Teknik Elektro*, 2, 20-28.
6. Kim, M. S. 2009. *Understanding Organic Photovoltaic Cells: Electrode, Nanostructure, Reliability, and Performance*. Doctor, The University of Michigan.
7. Lee, A. C., Lin, R. H, Yang, C. Y., Lin, M. H. & Wang, W. Y. 2008. *Preparation and characterization of novel photocatalysts with mesoporous titanium dioxide (TiO₂) via a sol-gel method*. *Mater Chem Phys*, 109, 275-280.
8. Lee, C. H., Rhee, S. W. & Choi, H. W. 2012. *Preparation of TiO₂ nanotube/nanoparticle composite particles and their applications in dye- sensitized solar cells*. *Nanoscale Res Lett*, 7, 48.
9. Lorenzo, E. 1984. *Solar Electricity Engineering of Photovoltaic System, Spain, Artes Graficas Gala*.
10. Ooyama, Y. & Harima, Y. 2012. *Photophysical and electrochemical properties, and molecular structures of organic dyes for dye-sensitized solar cells*. *Chemphyschem*, 13, 4032-80.
11. Ooyama Y, Harima Y. 2012. Photophysical and electrochemical properties, and molecular structures of organic dyes for dye-sensitized solar cells. *Chemphyschem : a European journal of chemical physics and physical chemistry* 13:4032-80
12. Lopes T, Andrade L, Ribeiro HA, Mendes A. 2010. Characterization of photoelectrochemical cells for water splitting by electrochemical impedance spectroscopy. *International Journal of Hydrogen Energy* 35:11601-8
13. Sears WM, Fortin E. 1984. Preparation and Properties of Cu₂O/Cu Photovoltaic Cells. *Solar Energy Materials* 10 93-103
14. R.Trethewey. K. 1988. Corrosion, for Students of Science and Engineering. *longman Group, UK Limited*:pages. 83, 349-61

15. Zainul; R, Alif; A, Aziz; H, Arief; S, Syukri;, Yasthopi A. 2015. Photoelectrospitting Water for Hydrogen Production using Illumination of indoor lights. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7, 9s:246- 56
16. Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Syukri, Munaf E. 2015. Design of Photovoltaic Cell with Copper Oxide Electrode by using Indoor Lights. *Research Journal of Pharmaceutical Biological Chemical Science* 6.4. July- August:353-61
17. Ping-Kuan Chang, Ting-Wei Kuo, Mau- Phon Houng, Chun-Hsiung Lu, Yeh C-H. 2012 Effects of Temperature and Electrode Distance on Short-circuit Current in Amorphous Silicon Solar Cells. *IEEE journal* 978-1-4577-1829
18. Gareth J. Janacek and Mark Lemmon. 2011. *Mathematics for Computer Scientists*. Bookboon.com.
19. Larissa Fradkin. 2013. *Elementary Algebra and Calculus*. Bookboon.com.
20. Wolfgang, Scharthl. 2014. *Basic Physical Chemistry*. Bookboon.com.
21. Parker. J.E. 2013. *Introductory Maths for Chemists*. Bookboon.com.
22. Parker. J.E. 2013. *Advances Maths for Chemists*. Bookboon.com.
23. Rowlett, Julie. 2013. *Blash into Math*. Bookboon.com.

REAKTOR TRIGONAL

A. Pengantar Analisis sel fotovoltaik

Krisis energi dan polusi merupakan dua masalah terbesar pada abad ini, oleh karena itu pemecahan masalah ini merupakan suatu misi utama dan mendesak untuk para saintis. Pemanfaatan energi pada peristiwa pasang surut air laut, angin dan matahari merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi krisis energi mengingat energi tersebut tak terbatas keberadaannya. Pengembangan sel fotovoltaik (sel surya) merupakan salah satu bentuk pemecahan krisis energi tersebut, sedangkan fotodegradasi polutan berbahaya menjadi molekul-molekul kecil yang aman secara otomatis di lingkungan air dan udara merupakan pemecahan masalah polusi. Kedua penyelesaian tersebut merupakan bentuk penyelesaian yang sangat tepat dan prospektif secara ekonomi dikarenakan sel surya dan fotokatalisis memerlukan sumber energi dari sinar matahari yang merupakan sumber energi tak terbatas di alam. (Sutrisno, 2010: K-115).

Sel surya (solar cell) disebut juga divais photovoltaic. Pada prinsipnya divais sel surya mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Energi listrik yang dihasilkan adalah energi listrik arus searah (DC). (Lubis, A. dan Sudrajat, A. 2006 : 995)

Kebutuhan sumber energi fosil semakin hari semakin bertambah seiring dengan kemajuan teknologi dan populasi manusia. Penggunaan energi nuklir juga dilakukan oleh beberapa negara untuk mencukupi kebutuhan energi. Namun dapat dipastikan bahwa sumber energi fosil dan nuklir merupakan sumber energi yang terbatas dan tak dapat diperbaharui. Oleh karena itu pengembangan sumber energi baru dan terbarukan mutlak diperlukan. Akhir-akhir ini, pengembangan sel fotovoltaik lapisan tipis begitu pesat seiring semakin berkurangnya sumber energi fosil. (Ngana, Paul J. 2007: 157)

Ada tiga tipe atau generasi sel fotovoltaik :

- (1). **sel fotovoltaik generasi ke-I** (*silicon wafer-based photovoltaic cells*) yang terdiri semikonduktor monogap dari kristal tunggal silisium (Si) atau *poly-grain* Si,
- (2). **sel fotovoltaik generasi ke-II** (*thin film photovoltaic cells*) yang merupakan suatu sel fotovoltaik dengan teknologi lapisan tipis, terdiri dari bahan lapisan film tipis: silisium amorf, polikristalin silisium, CuInSe₂, CuInGaS, CdTe, sel fotovoltaik berbasis pewarna (*Dye Sensitized Solar Cells/DSSC*) dan sel fotovoltaik organik,
- (3). **sel fotovoltaik generasi ke-III** (*advanced thin film photovoltaic cells*) merupakan sel fotovoltaik lapisan tipis yang lebih maju, terdiri dari: sel tandem multi celah (*multi-gap tandem cells*), sel surya pembawa elektron panas (*hot electron converters* atau *hot carrier converter cells*), sel surya pembentukan multi eksitasi (*multiple exciton generation solar cells*), sel fotovoltaik pita intermediat (*Intermediate band photovoltaics*), sel surya quantum dot (*quatum-dot solar cells*) dan sel termofotovoltaik (*thermophotovoltaic cells*). (Mulia, Alphin S. 2012)

Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor diode. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi-konduktor terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor menyebabkan aliran medan listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik. (Jamari, J. 2006: 19)

B. Defenisi Geometri

Geometri berasal dari kata Yunani *geo* berarti bumi dan *metron* berarti pengukuran (Rich, 2001: 64). Geometri merupakan cabang ilmu matematika yang lahir berabad-abad silam dari kondisi nyata di kehidupan sehari-hari sekelompok masyarakat. Bangsa Yunani yang banyak dipengaruhi oleh daerah Mediterania memiliki sedikit pandangan lebih maju tentang geometri. Geometri telah dianggap sebagai sebuah abstraksi dari dunia nyata atau sebuah model yang membantu pikiran atau logika. (Nojik, A.J. 2002: 120)

Jenis-jenis sudut

- 1) Sudut lancip (Acute angle) adalah sudut yang besarnya kurang dari 90° . ($0^\circ < a < 90^\circ$).
- 2) Sudut siku-siku (Right angle) adalah sudut yang besarnya 90° . ($\sphericalangle A = 90^\circ$)
- 3) Sudut tumpul (Obtuse angle) adalah sudut yang besarnya lebih dari 90° tetapi kurang dari 180° . ($90^\circ < b < 180^\circ$)
- 4) Sudut lurus (Straight angle) adalah sudut yang besarnya 180° . ($c = 180^\circ$).
- 5) Sudut refleks (Reflex angle) adalah sudut yang besarnya lebih dari 180° tetapi kurang dari 360° . ($180^\circ < d < 360^\circ$).

C. Sel Surya Pada Arsitektur

Revolusi aplikasi photovoltaic pada bangunan arsitektur telah mengalami perkembangan yang pesat, mulai dari teknologi biasa sampai teknologi tinggi pada generasi ke-3, yaitu :

1. Generasi Pertama (tahun 1980 an) Panel-panel/deretan PV modul dengan rangka besi hanya diletakkan (mounting) pada bidang atap datar bangunan dengan alat penyangga (tracking).
2. Generasi Kedua (tahun 1990 an) Sel-sel photovoltaic (PV) dikembangkan lebih menyatu menjadi bagian material bangunan yaitu: bahan atap (genting, sirap).
3. Generasi Ketiga (tahun 1997)
Chip/modul PV dikembangkan menjadi kesatuan integrasi bangunan arsitektur dalam berbagai materi bangunan dan aplikasi canggih. (Strong, Steven J. 1987 : 134)

Generasi ke 1
Panel PV mounted

Generasi ke 2
Atap PV sirap

Generasi ke 3

Deretan Modul PV

Deretan Modul PV pada Canopy Sebagai penutup Atrium

D. Geometri Trigonal Sel Photovoltaics

Sketsa Geometri Trigonal Sel Photovoltaics

Kerangka tulang desain trigonal sel PV

Dibawah ini adalah sketsa gambar reaktor geometri ruang trigonal (segi 3). Pada bagian dalam nya terdapat celah kecil dengan jarak 1.5 cm kearah sisi luar dan sisi dalam. Elektrolit akan dimasukkan kedalam celah tersebut yang dinamakan dengan *bulk* atau reaktor. Pada satu sisi trigonal terdapat dua buah *bulk* yang bersisian. Karena trigonal memiliki 3 sisi maka akan membutuhkan 6 *bulk*. Untuk 1 *bulk* memiliki ukuran = 9 cm x 40 cm

Gambar : dua buah *bulk* saling bersisian

Keterangan gambar :

Analisis Geometri Trigonal Sel Photovoltaics

a. Model 1

Pada model 1 geometri sel PV memiliki ukuran tinggi 40 cm, lebar 9 cm dan ketebalan 1.5 cm. Berdasarkan data diatas didapat gambar geometri tetragonal sel pv tersebut adalah

Keterangan gambar :

Berdasarkan sketsa gambar tersebut maka kita dapat mencari.

1. Luas permukaan sel PV tersebut

Untuk mencari luas permukaan kita dapat menggunakan aturan sinus cosinus. Pertama kita harus mencari luar untuk tutup dan alas, dengan rumus.

$$L = \frac{s^2 \sin \frac{360^\circ}{n}}{4(1 - \cos \frac{360^\circ}{n})}$$

$$L = \frac{9^2 \sin \frac{360^\circ}{3}}{4(1 - \cos \frac{360^\circ}{3})}$$

$$L = \frac{81 \sin 120^\circ}{4(1 - \cos 120^\circ)}$$

$$L = \frac{70,14}{6} = 11.69 \text{ cm}^2$$

Karena desain berbentuk segitiga, maka luas alas = luas atap. Sehingga luasnya menjadi

$$L = 2 \text{ luas alas}$$

$$= 2 \times 11.69 \text{ cm}^2 = 23.38 \text{ cm}^2$$

Untuk luas ke-2 sisinya kita dapat menggunakan rumus.

$$L = 2 \times t \times l$$

$$= 2 \times 40 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$$

$$= 720 \text{ cm}^2$$

Untuk luas sisi miring, maka

$$= 1 \times 40 \text{ cm} \times 9\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$= 509.11 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas permukaan luarnya} = 9 \text{ cm} + 9 \text{ cm} = 18 \text{ cm}$$

$$= 18 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$= 720 \text{ cm}^2$$

Maka luas permukaan total dari sketsa tersebut adalah

$$\begin{aligned} L_{\text{tot}} &= 23.38 \text{ cm}^2 + 720 \text{ cm}^2 + 509.11 \text{ cm}^2 \\ &= 1252.49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2. Volume sel PV tersebut

Volume sketsa tersebut dapat kita cari menggunakan rumus.

$$\begin{aligned} V &= \frac{ns^2t}{4} \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}} \\ V &= \frac{4 \times 9^2 \times 40}{4} \frac{\sin \frac{360^\circ}{3}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{3}} \\ V &= 1846.8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Karena cahaya yang ditempakan pada titik tengah ruang akan mengenai semua wilayah dalam ruang, maka luas permukaan yang ditempa oleh cahaya tersebut akan sama dengan volume sketsa tersebut yaitu 1846.8 cm^3 .

3. Keliling sel PV tersebut

Keliling sketsa tersebut dapat kita cari dengan menggunakan rumus

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= 2 \times \text{keliling alas} + 3 \times \text{sisi tegak} \\ &= 2 (30.72) + 3 (40) = 181.44 \text{ cm} \end{aligned}$$

Model 2 yaitu tinggi 36.4 cm dan lebar 4 cm serta tebal 1.5 cm

Sumber gambar : annisa aulia

Keterangan gambar :

Lebar = 4 cm

Tinggi = 36.4 cm

Tebal = 1.5 cm

Sudut = $360/3 = 120$

Berdasarkan sketsa gambar tersebut maka kita dapat mencari.

1. Luas permukaan sel PV tersebut

Untuk mencari luas permukaan kita dapat menggunakan aturan sinus cosinus. Pertama kita harus mencari luar untuk tutup dan alas, dengan rumus.

$$L = \frac{s^2 \sin \frac{360^\circ}{n}}{4(1 - \cos \frac{360^\circ}{n})}$$

$$L = \frac{4^2 \sin \frac{360^\circ}{3}}{4(1 - \cos \frac{360^\circ}{3})}$$

$$L = \frac{16 \sin 120^\circ}{4(1 - \cos 120^\circ)}$$

$$L = \frac{13.85}{6} = 2.30 \text{ cm}^2$$

$L = 2$ luas alas

$$= 2 \times 2.30 \text{ cm}^2 = 4.60 \text{ cm}^2$$

Untuk luas ke-2 sisinya kita dapat menggunakan rumus.

$$L = 2 \times t \times l$$

$$= 2 \times 36.4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$$

$$= 291.2 \text{ cm}^2$$

Untuk luas sisi miring, maka

$$= 1 \times 36.4 \text{ cm} \times 4\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$= 205.90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas permukaan luarnya} = 4 \text{ cm} + 9 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

$$= 12 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$= 480 \text{ cm}^2$$

Maka luas permukaan total dari sketsa tersebut adalah

$$L_{\text{tot}} = 4.60 \text{ cm}^2 + 291.2 \text{ cm}^2 + 205.90 \text{ cm}^2$$

$$= 501.17 \text{ cm}^2$$

2. Volume sel PV tersebut

Volume sketsa tersebut dapat kita cari menggunakan rumus.

$$V = \frac{ns^2t}{4} \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}}$$

$$V = \frac{4 \times 4^2 \times 36.4}{4} \frac{\sin \frac{360^\circ}{3}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{3}}$$

$$V = 331.96 \text{ cm}^3$$

Karena cahaya yang ditempakan pada titik tengah ruang akan mengenai semua wilayah dalam ruang, maka luas permukaan yang ditempa oleh cahaya tersebut akan sama dengan volume sketsa tersebut yaitu 331.96 cm^3 .

3. Keliling sel PV tersebut

Keliling sketsa tersebut dapat kita cari dengan menggunakan rumus

$$\begin{aligned}\text{Keliling} &= 2 \times \text{keliling alas} + 3 \times \text{sisi tegak} \\ &= 2 (13.65) + 3 (36.4) = 136.53\text{cm}\end{aligned}$$

Model 3 tinggi 36,4 cm dan lebar 4 cm serta tebal 0,2 cm

Sumber gambar : annisa aulia

Keterangan gambar :

- Lebar = 4 cm
- Tinggi = 36.4 cm
- Tebal = 0.2 cm
- Sudut = $360/3 = 120$

Berdasarkan sketsa gambar tersebut maka kita dapat mencari.

1. Luas permukaan sel PV tersebut

Untuk mencari luas permukaan kita dapat menggunakan aturan sinus cosinus. Pertama kita harus mencari luar untuk tutup dan alas, dengan rumus.

$$L = \frac{s^2 \sin \frac{360^\circ}{n}}{4(1 - \cos \frac{360^\circ}{n})}$$

$$L = \frac{4^2 \sin \frac{360^\circ}{3}}{4(1 - \cos \frac{360^\circ}{3})}$$

$$L = \frac{16 \sin 120^\circ}{4(1 - \cos 120^\circ)}$$

$$L = \frac{13.85}{6} = 2.30 \text{ cm}^2$$

$L = 2$ luas alas

$$= 2 \times 2.30 \text{ cm}^2 = 4.60 \text{ cm}^2$$

Untuk luas ke-2 sisinya kita dapat menggunakan rumus.

$$L = 2 \times t \times l$$

$$= 2 \times 36.4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$$

$$= 291.2 \text{ cm}^2$$

Untuk luas sisi miring, maka

$$= 1 \times 36.4 \text{ cm} \times 4\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$= 205.90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas permukaan luarnya} = 9 \text{ cm} + 9 \text{ cm} = 18 \text{ cm}$$

$$= 18 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$= 720 \text{ cm}^2$$

Maka luas permukaan total dari sketsa tersebut adalah

$$L_{\text{tot}} = 4.60 \text{ cm}^2 + 291.2 \text{ cm}^2 + 205.90 \text{ cm}^2$$

$$= 501.17 \text{ cm}^2$$

2. Volume sel PV tersebut

Volume sketsa tersebut dapat kita cari menggunakan rumus.

$$V = t \times l \times d$$

$$= 36.4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm}$$

$$= 29.12 \text{ cm}^3$$

Karena cahaya yang ditempatkan pada titik tengah ruang akan mengenai semua wilayah dalam ruang, maka luas permukaan yang ditempa oleh cahaya tersebut akan sama dengan volume sketsa tersebut yaitu 29.12 cm^3

3. Keliling sel PV tersebut

Keliling sketsa tersebut dapat kita cari dengan menggunakan rumus

$$\begin{aligned}\text{Keliling} &= 2 \times \text{keliling alas} + 3 \times \text{sisi tegak} \\ &= 2 (13.65) + 3 (36.4) = 136.53\text{cm}\end{aligned}$$

Daftar Pustaka

- Grätzel, M. (2005). Solar Energy Conversion by Dye-Sensitized Photovoltaic Cells. *Inorganic Chemistry*. 44: 6841-6851.
- Green, M.A 2003. *Third Generation Photovoltaics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hagfeldt, A. & Grätzel, M. (1995). Light-Induced Redox Reactions in Nanocrystalline Systems.. *Chemical Review*. (95): 49-68.

Jamari, J. (2006). *Running-In Of Rolling Contacts*. Phd Thesis, University Of Twente, Zutphen, The Netherlands.

Lubis, A. Dan Sudrajat, A. 2006: *Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*. BBPT Press. Jakarta
Ruangchalerwong, C.2004. Optimal Design Of Solar Cell Front Contact Grid. Chulaongkorn University. Thailand.

Mintorgo, Danny Santoso.2000.” Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial”.*Dimensi Teknik Arsitektur*Volume 28 Nomor 2.

Mulia, Alphin S. 2012. “Analisis Pengaruh Disain Kontak Atas (*Front Contact*) Pada Peningkatan Efisiensi Sel Surya”. *Jurnal Teknologi* Volume 9 Nomor 1.

Ngana, Paul J. 2007: *Contact Grid Optimazation Methodology For Solar Cell*. Nanophotonics Group Jacob University. Bremen. Germany.

Nojik, A.J. 2002. Quantum Dot Solar Cells. *Physica E*. 14: 115-120.

Sutrisno, Hari. 2010.*Sel Fotovoltaik Generasi Ke-III: Pengembangan Sel Fotovoltaik Berbasis Titanium Dioksid*.Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.

Santini A, Morselli L, Passarini F, Vassura I, Di Carlo S, Bonino F. 2011. End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. *Waste management* 31:489-94.

Shah, M.S.A.S., Nag, M., Kalagara, T., Singh,S. & Manorama, S.V.. (2008). Silver on PEG-PU-TiO₂ Polymer Nanocomposite Films: An Excellent System for Antibacterial Applications. *Chemistry of Material*. 20: 2455–2460.

Smestad, G.P. & Grätzel, M. (1998). Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology: A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Energy Converter. *Journal of Chemical Education*. 75(6): 752-756.

Strong, Steven J., *The Solar Electric House, A Design Manual For Home-Scale Photovoltaic Power Systems*,Pennsylvania, Rodale Press, 1987.

Sutrisno, H. 2008. *Preparasi Titanium Oksida-Nanopartikel Melalui Rekayasa Titanium Akuatokso Klorida Dengan Proses Kimia Larutan Basa*.FMIPA-UNY : Laporan Penelitian Mandiri.

Yamaguchi, T., Tobe, N., Matsumoto, D. & Arakawa, H. Highly Efficient Plastic Substrate Dye-Sensitized Solar Cells Using a Compression Method For Preparation of TiO₂ Photoelectrodes. *Chemical Communication*. 4767–4769.