

BUKU PANDUAN

EKSPERIMEN FISIKA LANJUT 1

JURUSAN FISIKA

UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG

2019

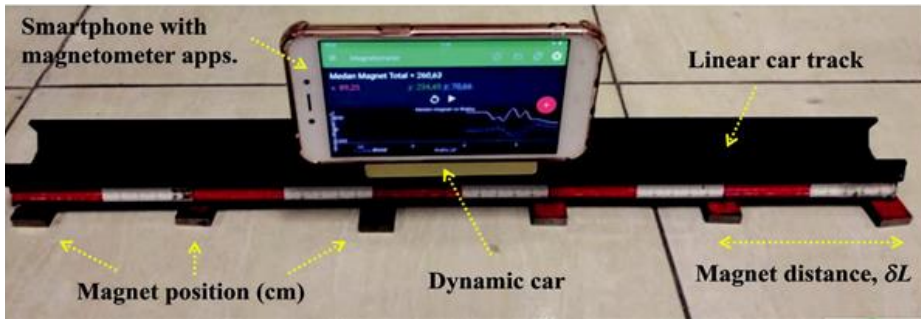
BAB 1

Analisis gerak kecepatan konstan menggunakan magnetometer smartphone

Pendahuluan

Penelitian tentang sensor smartphone sebagai pembelajaran dan peralatan eksperimen, terutama di laboratorium fisika, menarik dan semakin meningkat [1, 2]. Sensor pada smartphone umum adalah accelerometer, giroskop, sensor cahaya, dan sensor magnetik. Accelerometer (dan giroskop) telah banyak digunakan untuk menganalisis objek dalam gerak osilasi bebas dan teredam [1], Gerakan memutar [3], Gratis dan osilasi teredam, dan bandul sederhana [4]. Pada tahun 2017, kelompok Kapucu mengembangkan metode untuk mengukur kecepatan objek menggunakan sensor cahaya smart-phone [5]. Juga, magnetometer sensor telah digunakan untuk mengukur besarnya medan magnet statis[6], Dan medan magnet pada kabel lurus dan lingkaran [7. 8]. Penggunaan sensor magnetometer cukup menarik dan memiliki banyak potensi karena presisi sensor tinggi dan gangguan rendah dari (Bumi) medan magnet eksternal.

Oleh karena itu, penelitian ini melaporkan penggunaan sensor magnetometer untuk menentukan kecepatan rata-rata konstan mobil dinamis. Gerak data dan analisis diperoleh dengan mendeteksi medan magnet maksimum dari magnet ditempatkan berturut-turut sepanjang jalur linier. Penelitian ini diharapkan menjadi panduan bagi guru dan siswa dalam melakukan eksperimen fisika menggunakan sensor magnetometer.



Gambar 1. Skema analisis gerak kecepatan konstan menggunakan magnetometer smartphone.

Tinjauan Eksperimen

Dalam pelajaran ini, smartphone berbasis Android dan aplikasi Fisika Toolbox digunakan untuk mengukur kekuatan medan magnet. Data medan magnet yang digunakan adalah total medan magnet dihitung oleh sensor magnetometer. Kecepatan rata-rata mobil dinamis dihitung dengan [5]:

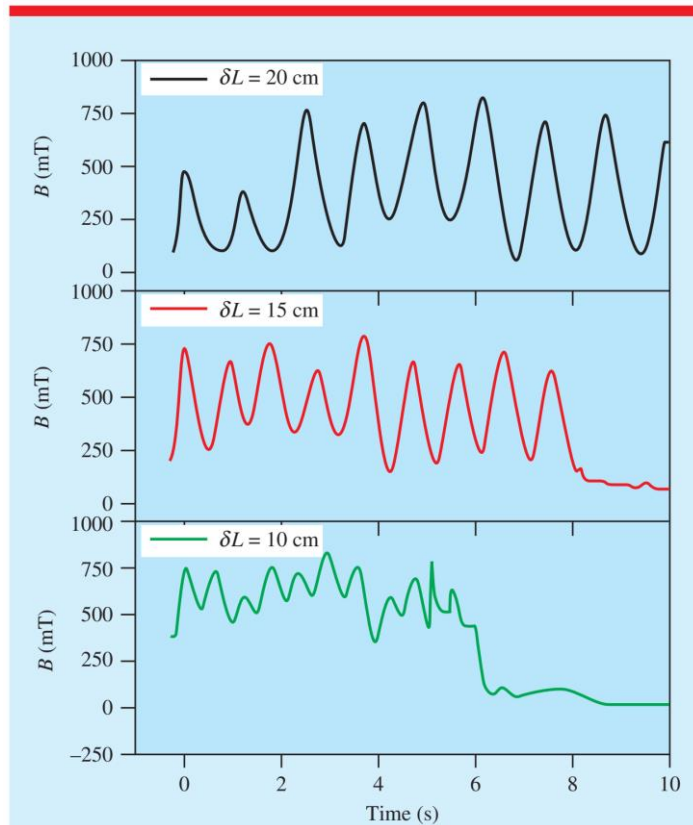
$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

Dimana v_x , Δx , dan Δt masing-masing adalah kecepatan rata-rata, posisi magnet (m) dan rentang waktu puncak (s).

Skema analisis kecepatan konstan dengan mempersiapkan magnetometer smartphone ditunjukkan pada Gambar 1. Pengaturan peralatan dibangun menggunakan mobil dinamis dengan kecepatan konstan, lintasan mobil lurus sepanjang 2,00 m, magnet yang kuat dari AlNiCo (Aluminium (Al), Nikel (Ni), Cobalt (Co)) dengan dimensi $7 \times 2 \times 0,5$ cm, dan aplikasi Magnetometer smartphone. Magnet terpasang pada lintasan mobil dalam posisi paralel, dengan posisi pada jarak 10 cm, 15 cm dan 20 cm untuk percobaan berbeda. Magnetometer

smartphone terikat pada mobil dinamis dan pindah secara horizontal di jalur mobil linear. Ketika mobil dengan kecepatan konstan sedang berjalan di jalur mobil linear, magnetometer smartphone akan mengukur nilai medan magnet dengan bergantung waktu. Nilai medan magnet berfluktuasi, meningkat ketika dekat dengan magnet atau semakin menurun ketika menjauhi magnet [6]. Untuk menemukan perangkat medan magnet kami menganalisis nilai magnetik puncak dan waktu puncak pengukuran data. Nilai puncak magnetik menjelaskan posisi magnet di jalur mobil linear.

Demikian, dari data medan magnet kami menemukan hubungan dari waktu puncak dan posisi magnet. Hubungan waktu puncak dan posisi magnet tersebut dianalisis menggunakan fitting linier dalam menggunakan persamaan (1), Dan kami menemukan kecepatan rata-rata sebuah magnetometer smartphone dari mobil yang dinamis.



Gambar 2. pengukuran medan magnet menggunakan mobil dengan kecepatan konstan dan magnetometer smartphone untuk posisi jarak magnet (δL) Di 10 cm, 15 cm, dan 20 cm.

Uji coba dan hasil

Dalam percobaan berikut, mobil dinamis dan smartphone dipindahkan ke sumbu x (analisis gerak 1D). gerakan 1D dari mobil dinamis di jalur linear, smartphone mulai mengukur nilai medan magnet (100 Hz) untuk berbagai posisi jarak magnet pada 10 cm, 15 cm dan 20 cm (lihat gambar2). Untuk memudahkan analisis, waktu awal percobaan magnetic diterapkan (dipilih) pada waktu puncak pertama dari data medan

magnet. Properti Medan magnet (periode puncak) dianalisis langsung dari medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada tabel1. Grafik yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai medan magnet berfluktuasi, meningkat ketika dekat dengan magnet atau semakin menurun ketika menjauhi magnet [6]. Relatif rentang waktu puncak untuk posisi jarak magnet (δL) Di 10 cm, 15 cm, dan 20 cm masing-masing 0,6 s, 0,9 s, dan 1,2 s. Rentang waktu puncak menunjukkan bahwa mobil yang dinamis bergerak pada kecepatan konstan pada gerak 1D.

Tabel 1. Sifat medan magnet untuk posisi jarak magnet (δL) Di 10 cm, 15 cm, dan 20 cm.

Peak	$\delta L = 10$ cm		$\delta L = 15$ cm		$\delta L = 20$ cm	
	Peak time (s)	Magnet position (cm)	Peak time (s)	Magnet position (cm)	Peak time (s)	Magnet position (cm)
1	0	0	0	0	0	0
2	0.610	10	0.946	15	1.184	20
3	1.246	20	1.698	30	2.483	40
4	1.808	30	2.735	45	3.691	60
5	2.352	40	3.691	60	4.899	80
7	2.936	50	4.718	75	6.149	100
8	3.531	60	5.665	90	7.398	120
9	4.225	70	6.552	105	8.666	140
10	4.748	80	7.538	120	9.925	160
11	5.091	90				
12	5.515	100				
13	5.957	110				

Untuk mengukur kecepatan mobil yang dinamis, hubungan waktu puncak dengan posisi magnet dianalisis menggunakan fitting linear (lihat persamaan (1)) Seperti pada gambar 3. Kecepatan mobil dinamis untuk posisi jarak magnet (δL) Di 10 cm, 15 cm dan 20 cm masing-masing 16,8 cm s⁻¹, 16 cm s⁻¹ dan 16,2 cm s⁻¹. Hasil ini menunjukkan bahwa mobil dinamis memiliki kecepatan konstan, Dengan rata-rata R² sekitar 0,9995. Perbedaan kecil dalam hasil kecepatan rata-rata dapat disebabkan oleh tahanan jalur linear yang cukup besar, posisi magnet, dan akurasi sensor magnetometer. Kami berharap bahwa eksperimen magnetometer ini akan digunakan di laboratorium fisika umum.

Kesimpulan

Kami telah berhasil mempelajari penggunaan sensor magnetometer untuk menentukan kecepatan rata-rata konstan sebuah mobil dinamis menggunakan sensor magnetometer smartphone dan aplikasi Fisika Toolbox untuk merekam medan magnet sebagai fungsi waktu. Kami telah menunjukkan kecepatan mobil dinamis untuk berbagai posisi jarak magnet (δL) Memiliki kecepatan konstan. Eksperimen menunjukkan bahwa perangkat smartphone menawarkan akurasi pengukuran yang cukup dan dapat digunakan sebagai alat sehari-hari untuk mengukur kuantitas fisik. posisi jarak dianalisis dengan menggunakan fitting linear dan untuk menemukan kecepatan rata-rata mobil yang dinamis.

Referensi

1. Kuhn J and Vogt P 2012 Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor Phys. Teach. 50 182–3
2. Sans J A, Manjón F J, Pereira A L J, GomezTejedor J A and Monsoriu J A 2013 Oscillations studied with the smartphone ambient light sensor Eur. J. Phys. 34 1349–54
3. Wattanayotin P, Puttharugsa C and Khemmani S 2017 Investigation of the rolling motion of a hollow cylinder using a smartphone's digital compass Phys. Educ. 52 045009
4. Pierratos T and Polatoglou H M 2018 Study of the conservation of mechanical energy in the motion of a pendulum using a smartphone Phys. Educ. 53 015021
5. Kapucu S 2017 Finding the average speed of a light-emitting toy car with a smartphone light sensor Phys. Educ. 52 045001

6. Arribas E, Escobar I, Suarez C P, Najera A and Beléndez A 2015 Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: a very economical laboratory practice for introductory physics courses Eur. J. Phys. 36 065002
7. Septianto R D, Suhendra D and Iskandar F 2017 Utilisation of the magnetic sensor in a smartphone for facile magnetostatics experiment: magnetic field due to electrical Phys. Educ. 52 015015
8. Setiawan B, Septianto R D, Suhendra D and Iskandar F 2017 Measurement of 3-axis magnetic fields induced by current wires using a smartphone in magnetostatics experiments Phys. Educ. 52 065011

Disadur dari:

Ade Yeti Nuryantini, Asti Sawitri, Bebeh Wahid Nuryadin, *Constant speed motion analysis using a smartphone magnetometer*, 2018 Phys. Educ. **53** 065021

BAB 2

Pengukuran dan analisis impuls menggunakan accelerometer smartphone

Pendahuluan

Penelitian tentang konsep, percobaan dan analisis gerak dinamis sangat menarik dan telah banyak dipelajari [1 . 2]. Salah satu konsep dasar gerak yang menarik tetapi tidak baik dieksplorasi oleh percobaan impuls. Impulse adalah sebuah acara ketika suatu objek menerima gaya pada interval waktu yang singkat, sehingga terjadi perubahan momentum objek sangat cepat cepat (hukum kedua Newton) [3]. Percobaan tumbukan adalah contoh umum yang satu dapat digunakan dalam belajar konsep, percobaan dan analisis hubungan impuls-momentum.

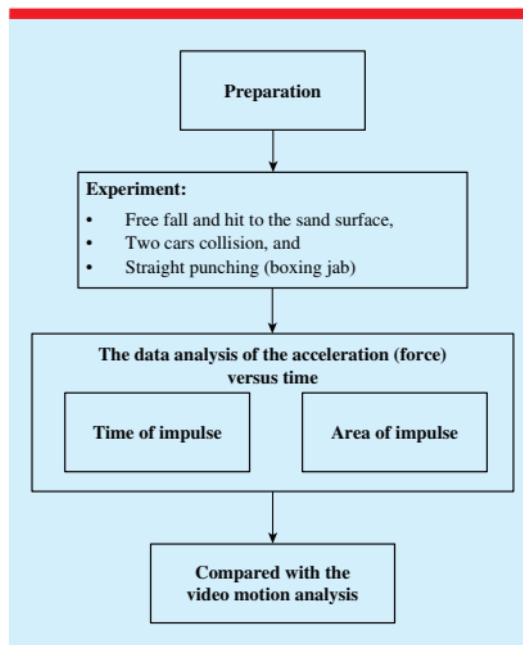
Penelitian terbaru menunjukkan bahwa peneliti telah dikembangkan perangkat pengukuran impuls (kekuatan) menggunakan sensor komersial [4], eksperimen berbiaya rendah [5], dan papan sensor Arduino [6] untuk menunjukkan hubungan impuls-momentum.

Di sini kita belajar tentang konsep, pengukuran dan analisis impuls menggunakan accelerometer smartphone. Kurva percepatan (gaya) terhadap waktu dianalisis untuk menentukan karakteristik impuls, seperti interval waktu dan daerah impuls, dan itu dibandingkan dengan analisis gerak menggunakan analisis video (image).

Metode Eksperimen

Perangkat

Dalam penelitian ini, smartphone berbasis android dan “Fisika Toolbox Sensor Suite Apps” digunakan untuk mengukur sensor percepatan perangkat. Sensor percepatan smartphone biasanya disebut mikro-elektro-mekanik sistem (MEMS) yang memproses sistem mekanik menjadi informasi listrik. Sensor percepatan terdiri dari pegas spiral yang menempel massa seismik yang dapat bergerak bebas dalam satu arah. Jika percepatan bekerja di x- arah, hal itu akan menyebabkan massa M bergerak di x- arah. Kapasitif, piezoresistive, atau metode piezoelektrik biasanya digunakan untuk mengukur perubahan posisi massal M untuk mengukur percepatan yang diterima [1]. Untuk mengukur percepatan dalam arah 3D, tiga sistem sensor harus dimasukkan dan diposisikan ortogonal di smartphone. Sehingga a_x , a_y dan a_z percepatan setiap arah spasial (sumbu -x, -y,dan -z) dapat diukur secara independen.



Gambar 1. Skema pengukuran dan analisis impuls menggunakan accelerometer smartphone.

Prosedur

Skema pengukuran impuls dan analisis menggunakan accelerometer smartphone ditunjukkan pada Gambar 1 . Pengukuran impuls ditemukan di beberapa kondisi tabrakan. Pada percobaan pertama kami mengukur data percepatan benda jatuh bebas (smartphone dengan massa pada 200 g) memukul permukaan pasir. Dalam percobaan kedua kami mengukur data percepatan tabrakan dua mobil (dengan smartphone). Selanjutnya, percobaan ketiga dilakukan untuk mengetahui tabrakan dampak dengan mengukur data percepatan dari pukulan lurus (tinju jab).

Kemudian, Data percepatan terhadap waktu dianalisis menggunakan hukum kedua Newton untuk menentukan waktu dari impuls berdasarkan [3],

$$F(t) = m \times a(t) \quad (1)$$

daerah impuls dihitung dengan,

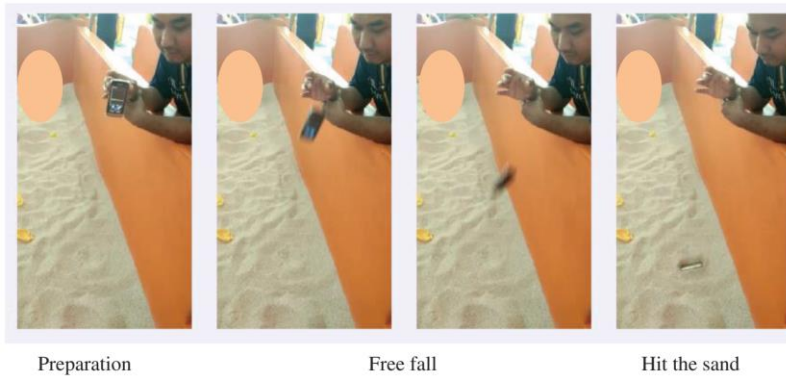
$$J = \Delta P = mv_2 - mv_1 = F(t)\Delta t$$

$$J = \int_{t_1}^{t_2} F(t)dt$$

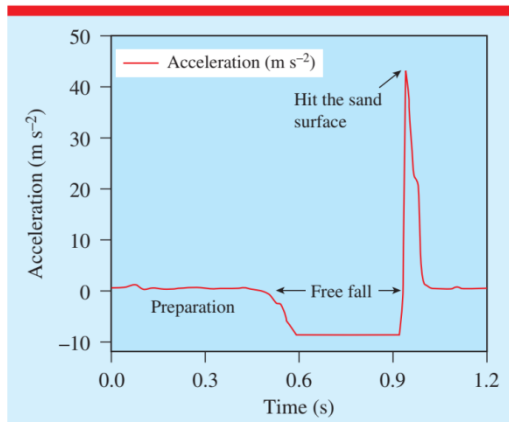
atau, untuk konstan massa daerah persamaan impuls menjadi,

$$J = m \int_{t_1}^{t_2} a(t)dt$$

dan membandingkannya dengan analisis gambar video.



Gambar 2. Analisis citra smartphone terjun bebas dan menumbuk permukaan pasir.



Gambar 3. Pengukuran percepatan smartphone di terjun bebas dan menumbuk permukaan pasir.

Hasil dan Diskusi

Cara termudah untuk mengukur dan menganalisa impuls adalah dengan menjatuhkan smartphone pada semi-kaku permukaan (seperti permukaan pasir), lihat gambar 2 . Dalam percobaan, smartphone akan mengalami bebas semua gerak dan kemudian memukul pasir permukaan [1]. Dengan bantuan sebuah aplikasi accelerometer, percobaan ini akan

menghasilkan akselerasi data dengan waktu seperti pada Gambar 3 . gerak jatuh bebas diamati pada kurva percepatan dengan waktu, di mana percepatan gravitasi adalah -10 ms^{-2} selama hampir 0,35 s, dengan kecepatan akhir jatuh bebas adalah,

$$v_{sebelum} = g \times \Delta t = -10 \times 0.35 = 3.5 \text{ ms}^{-1}$$

Pada gerak jatuh bebas, energi potensial dari smartphone berubah menjadi energi kinetik sehingga smartphone akan memiliki momentum. Massa smartphone adalah 0,2 kg, momentum smartphone sebelum tabrakan adalah,

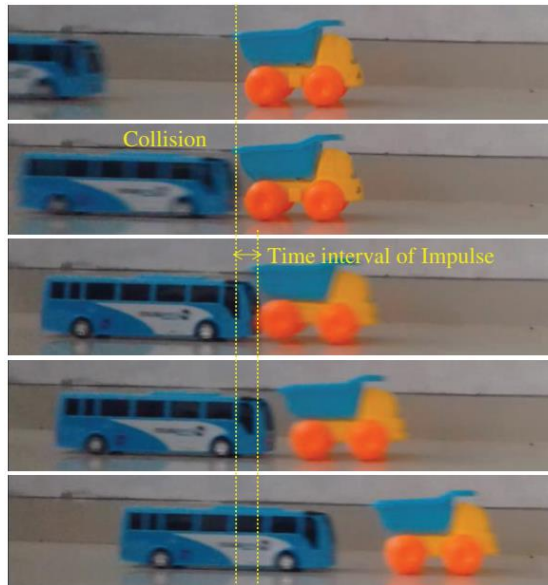
$$P_{awal} = m \times v_{sebelum} = 0.2 \text{ kg} \times 3.5 \text{ ms}^{-1} = 0.7 \text{ kgms}^{-1} \text{ (Ns)}$$

Sementara itu, saat smartphone menghantam permukaan pasir, momentum smartphone menurun dengan cepat disebabkan oleh gaya reaksi dari permukaan pasir yang cukup besar untuk menghasilkan akselerasi jauh lebih besar daripada jatuh percepatan bebas. impuls diamati pada kurva Data percepatan, di mana ada perubahan yang cepat di akselerasi dari - 10 sampai 45 ms^{-2} . Besarnya dorongan akibat tabrakan dengan permukaan pasir adalah 45 ms^{-2} selama 0,08 s. Menggunakan persamaan (4), Kita dapat menghitung impuls (J) diterima oleh smartphone,

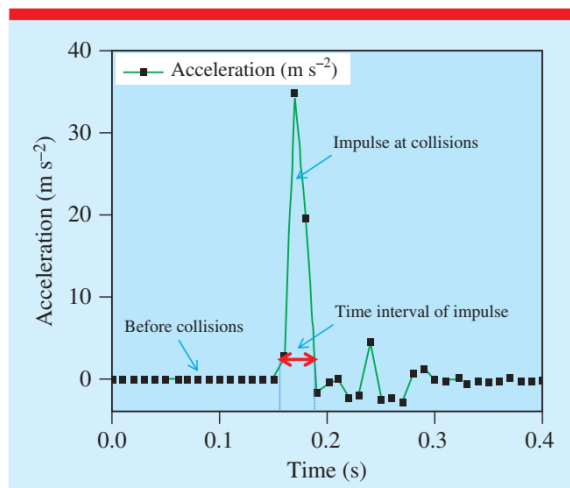
$$J = F \times \Delta t = m \times a \times \Delta t = 0.2 \times 45 \times 0.08 = 7.2 \text{ kgms}^{-1} \text{ (Ns)}$$

Jadi, percobaan tabrakan ini menunjukkan bahwa dorongan (J) sebanding dengan perubahan momentum, dengan

$$\Delta P = P_{akhir} - P_{awal} = |0 - 7| \text{ kgms}^{-1} = 7 \text{ kgms}^{-1} \text{ (Ns)}$$



Gambar 4. Analisis video (image) dari percobaan tabrakan dua mobil.



Gambar 5. pengukuran percepatan tabrakan dua mobil untuk mobil kedua (biru-kuning)

Gambar 4 menunjukkan video (gambar) analisis untuk percobaan dua mobil tabrakan. Pada awal, mobil pertama (biru) bergerak dengan kecepatan konstan dan mobil kedua (kuning - biru) adalah bergerak.

Kemudian, tabrakan terjadi antara dua mobil, sehingga mobil kedua menerima impuls dan bergerak. The analisis video menunjukkan bahwa ada waktu kontak tabrakan disebut interval waktu impuls. Analisis percepatan terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 5 , Menunjukkan bahwa interval waktu impuls dan percepatan di impuls yang 0,03s dan 35 ms^{-2} , masing-masing. Dengan memanfaatkan persamaan (2) dan/atau (4), Perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan mobil kedua setelah tabrakan (v_{setelah}), adalah

$$v_{\text{setelah}} = a_{\text{tabrakan}} \times \Delta t = 35 \text{ms}^{-2} \times 0,03 \text{ s} = 1.05 \text{ ms}^{-1}$$

Massa total mobil kedua dan smartphone adalah 0,4 kg. Dorongan dari tumbukan sebanding dengan perubahan dalam momentum dari mobil kedua (dan smartphone), dan dihitung dengan:

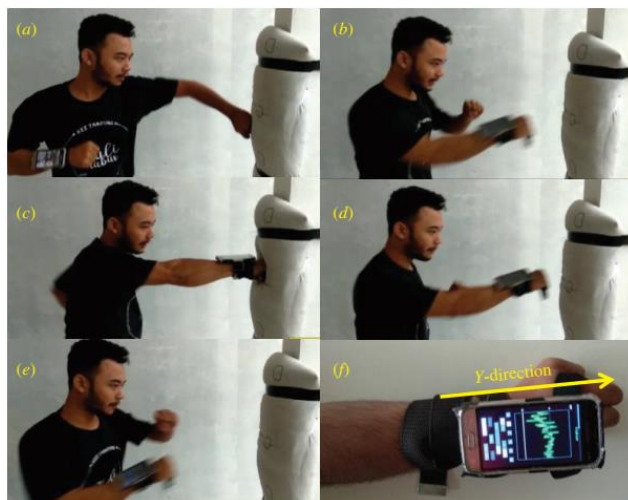
$$\begin{aligned} J = \Delta P &= m \times v_{\text{setelah}} - m \times v_{\text{sebelum}} = 0,4 \text{ kg} \times 1.05 \text{ ms}^{-1} - 0 \\ &= 0,42 \text{ kgms}^{-1} \text{ (Ns)} \end{aligned}$$

Contoh sederhana dari konsep aplikasi impuls dalam ilmu olahraga adalah pukulan lurus (tinju jab), dengan fokus pada sisi percepatan gerakan [7]. Gambar 6(a)-(e) menjelaskan langkah-langkah meninju lurus yang terdiri dari posisi awal, gaya ke depan, impuls (kontak permukaan), dan tangan menarik kekuatan (reverse), dan kemudian bergerak kembali ke posisi awal. Percepatan data pukulan lurus ditemukan dengan smartphone melekat pada lengan kanan dengan menggunakan tali / tape, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 (e). Percepatan terhadap waktu data dalam Y- arah ditunjukkan pada gambar 7, Dengan inset untuk pukulan lurus berulang. Percepatan data dan video (image) analisis dibandingkan untuk semua langkah meninju menunjukkan percepatan nol di posisi awal, percepatan positif untuk gaya ke depan, akselerasi tinggi dengan interval waktu cepat adalah

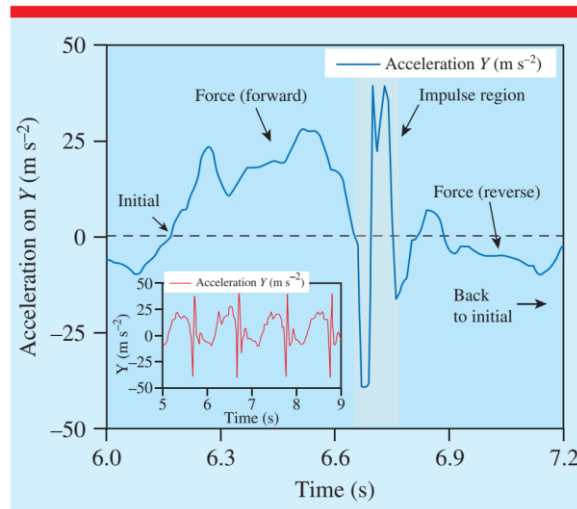
dorongan, dan percepatan negatif adalah kekuatan tarikan (negatif) untuk pindah kembali ke posisi awal. Di sisi lain, hasilnya menunjukkan bahwa gaya ke depan lebih tinggi dari sisi menarik kekuatan sehingga gaya ke depan menghasilkan momentum besar, dan tangan gaya menarik hanya untuk reposisi tangan kembali ke posisi awal. Dengan asumsi massa tangan adalah 5.33% dari rata-rata tubuh manusia massa [8], Interval waktu dan percepatan maksimum adalah 4 kg, 0,1s dan 40 ms⁻², masing-masing. Besarnya dorongan ditransfer ke bantal adalah sekitar:

$$J = F \times \Delta t = m \times a \times \Delta t = 4 \text{ kg} \times 40 \text{ ms}^{-2} \times 0,1 \text{ s} = 16 \text{ kgms}^{-1} \text{ (Ns)}$$

besarnya dirasakan impuls cukup besar, untuk beberapa kondisi, dorongan besar ini bisa merusak jaringan tubuh [7].



Gambar 6. Analisis video (image) dari pukulan lurus ke permukaan bantal dengan (a) posisi awal, (b) gaya (maju), (c) impuls, (d) gaya (reverse), dan (e) kembali ke posisi awal; (f) smartphone yang melekat pada lengan kanan.



Gambar 7. Percepatan (force) terhadap waktu data pukulan lurus di atas bantal (sebagai ganti tubuh manusia).

Kesimpulan

Pengukuran impuls dan analisis menggunakan accelerometer smartphone telah diteliti dan dipelajari. Impuls dari percobaan tabrakan diukur dengan menggunakan accelerometer smartphone. Kemudian, data percepatan dianalisis untuk menentukan karakteristik impuls, seperti interval waktu dan daerah impuls, dan itu dibandingkan dengan video (gambar) analisis sederhana. Percobaan tabrakan ini menunjukkan bahwa besarnya dorongan sebanding dengan perubahan momentum. Selanjutnya, sederhana pukulan lurus (tinju jab) analisis menunjukkan bahwa besarnya dorongan ditransfer ke bantal adalah 16 kg ms^{-1} (Ns), dorongan besar ini bisa merusak jaringan tubuh.

Referensi

1. Vogt P and Kuhn J 2012 Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor Phys. Teach. 50 182–3

2. Pili U 2018 A dynamic-based measurement of a spring constant with a smartphone light sensor Phys. Educ. 53 033002
3. Serway R A and Jewett J W 2004 Physics for Scientists and Engineers 6th edn, vol 1 (Pacific Grove, CA: Thomson Brooks/Cole)
4. Horton P 2004 Elastic experiment is licensed to thrill Phys. Educ. 39 326–8
5. Ganci S and Oneto D L 2017 A zero cost experiment on the 'impulse-momentum theorem Phys. Educ. 52 13002
6. Espindola P R, Cena C R, Alves D C B, Bozano D F and Goncalves A M B 2018 Impulse measurement using an Arduino Phys. Educ. 53 035005
7. Nakano G, Iino Y, Imura A and Kojima T 2014 Transfer of momentum from different arm segments to a light movable target during a straight punch thrown by expert boxers J. Sports Sci. 32 517–23
8. Plagenhoef S 1983 Anatomical data for analyzing human motion Res. Q. Exerc. Sport 54 169–78

Disadur dari makalah:

Bebah Wahid Nuryadin and Ilham Hindawan, Impulse measurement and analysis using a smartphone accelerometer, Phys. Educ. 54 (2019) 015024 (5pp)

BAB 3

Sebuah simulator surya menggunakan proyektor LCD untuk laboratorium Sains

Pendahuluan

Energi matahari adalah energi terbarukan potensial yang dapat dikembangkan sebagai sumber energi ini relatif murah dan melimpah [1-2]. Beberapa perangkat aplikasi yang memanfaatkan energi surya termasuk solar listrik, bahan bakar solar atau panas matahari [2, 3]. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan pengukuran karakteristik perangkat ini menggunakan simulator surya [4-5]. Sebuah simulator surya merupakan sumber pencahayaan yang mengemulasi karakteristik sinar matahari alami dan umumnya digunakan untuk memanfaatkan sistem pengukuran arus - voltase (I - V) untuk sel surya pengujian [6]. Lampu quartz tungsten halogen (QTH), lampu Metal Halide, lampu busur Xenon atau *light emitting diode* (LED) telah digunakan sebagai sumber cahaya dalam sistem simulator surya [7 - 9].

Namun, simulator surya komersial baru-baru ini biaya tinggi, perlu keterampilan khusus untuk digunakan, memiliki konsumsi daya yang tinggi, dan membutuhkan alat tambahan seperti filter spektrum [7-10]. Oleh karena itu, pengembangan simulator surya murah, mudah digunakan serta filter spektral terintegrasi sangat penting. Perangkat

LCD Projector memiliki karakteristik ini dan berpotensi dapat digunakan sebagai sumber cahaya untuk simulator surya. Proyektor LCD umumnya memiliki sumber cahaya berasal dari QTH dan LED merah [11-12]. Dengan demikian, proyektor LCD memiliki panjang gelombang output yang lebar dan tersedia dalam semua spektrum cahaya tampak. Selain itu, Proyektor LCD memiliki filter warna spektral yang dikontrol menggunakan komputer, laptop atau perangkat lain [11]. Oleh karena itu, pengaturan filter warna elektronik diharapkan untuk mengatur output pencahayaan spektral akurat.

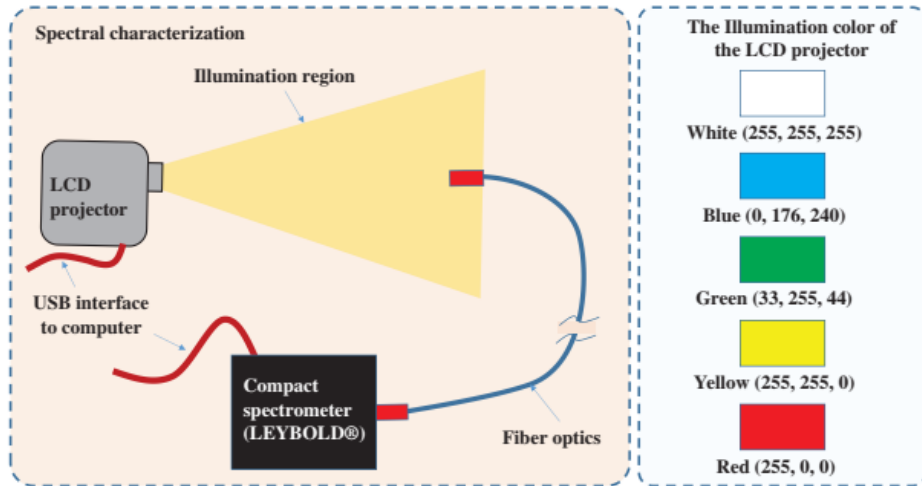
Laporan ini berkaitan dengan pengembangan sistem simulator surya dengan menggunakan proyektor LCD, sebagai sumber penerangan spektral terkendali. Terutama, hubungan antara spektrum pencahayaan dan pengaturan filter, serta intensitas penerangan simulator surya, akan diukur. Selain itu, karakteristik arus - voltase (I-V) sel surya di bawah beberapa spektrum warna pencahayaan akan diukur dan dibahas.

Metode dan instruksi siswa

Sebuah simulator surya menggunakan proyektor LCD cocok untuk menguji sel surya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. spektrum elektromagnetik dari sumber cahaya di daerah cahaya tampak dari 400 nm sampai 720 nm, mirip dengan karakteristik spektral sinar matahari yang dominan.
2. Kinerja simulator surya dalam menghasilkan spektrum cahaya tertentu memainkan peran penting dan signifikan. Ini akan menjadi sangat dipengaruhi oleh kinerja proyektor LCD untuk menyaring spektrum pencahayaan yang ditentukan.

3. pengukuran arus - voltase (I-V dari sel surya harus cukup komprehensif untuk menggambarkan wilayah kerja seluruh sel surya.
4. Seluruh simulator harus murah dan mudah digunakan dengan filter spektral terintegrasi.



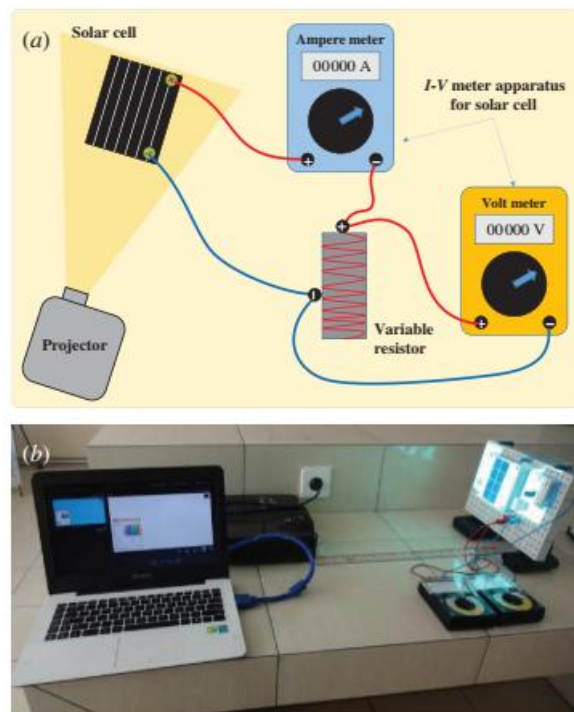
Gambar 1. Karakterisasi spektral untuk beberapa warna pencahayaan proyektor LCD.

Karakterisasi spektral warna pencahayaan

Karakterisasi spektral warna pencahayaan proyektor LCD diukur untuk memahami karakteristik spektrum elektromagnetik untuk beberapa warna pencahayaan seperti putih, biru, hijau, kuning dan merah seperti pada Gambar 1. Perangkat karakterisasi spektral terdiri dari kompak spektrometer komersial (LEYBOLD ® no.467-251, Jerman), LCD projector (EPSON 2265U WUXGA, Jepang), dan komputer pra-instal perangkat lunak presentasi seperti MS PowerPoint ®. Pertama, slide presentasi disiapkan untuk latar belakang putih, biru, hijau, kuning dan

merah dengan warna RGB koordinat di (255, 255, 255), (0, 176, 240), (33, 255, 44), (255, 255, 0) dan (255, 0, 0), masing-masing.

Kedua, slide presentasi ditampilkan dengan menggunakan proyektor LCD sehingga warna pencahayaan ditentukan dan diamati. Ketiga, pengukuran spektral dan analisis dilakukan untuk setiap warna pencahayaan dengan menggunakan spektrometer kompak komersial. Selain itu, pengukuran spektral juga dilakukan untuk penerangan matahari pada jam 12, dan dibandingkan dengan warna spektrum putih proyektor LCD.



Gambar 2. (a) skema pengukuran I-V meter, dan (b) pengukuran karakteristik I-V sel surya diuji dengan proyektor LCD sebagai sumber penerangan.

Sistem pengukuran arus - tegangan (I-V)

Karakteristik fisik utama dari sel surya adalah karakteristik listrik, yang diwakili oleh hubungan arus - tegangan (I-V) pengukuran di bawah kondisi gelap atau pencahayaan. Pengukuran karakteristik listrik sel surya umumnya menggunakan perangkat I-V meter [7]. Gambar 2 adalah

skema dari perangkat I-V meter yang terdiri dari pengukur arus, tegangan, resistansi beban, sel surya, dan simulator surya menggunakan proyektor LCD.

Pengukuran saat ini dibuat dengan merakit meteran saat ini, sel surya dan variabel resistor di seri. Sementara itu, meteran tegangan diatur secara paralel dengan sel surya atau variabel resistor. Pengukuran karakteristik I-V terdiri dari beberapa langkah: (a) mempersiapkan sel surya aparat pengujian di depan proyektor LCD, (b) mengukur kekuatan warna pencahayaan yang ditentukan (P_{input}), (c) mengukur I_{sc} dan V_{oc} nilai dari sel surya secara langsung tanpa beban, (d) mengukur karakteristik arus - tegangan (I- V) properti dari sel surya dengan menyesuaikan (up/down) variabel resistor. Selanjutnya, (e) menghitung kurva karakteristik tegangan - output daya (V-P) kurva dari sel surya menggunakan persamaan (1), oleh

$$P = I \times V \quad (1)$$

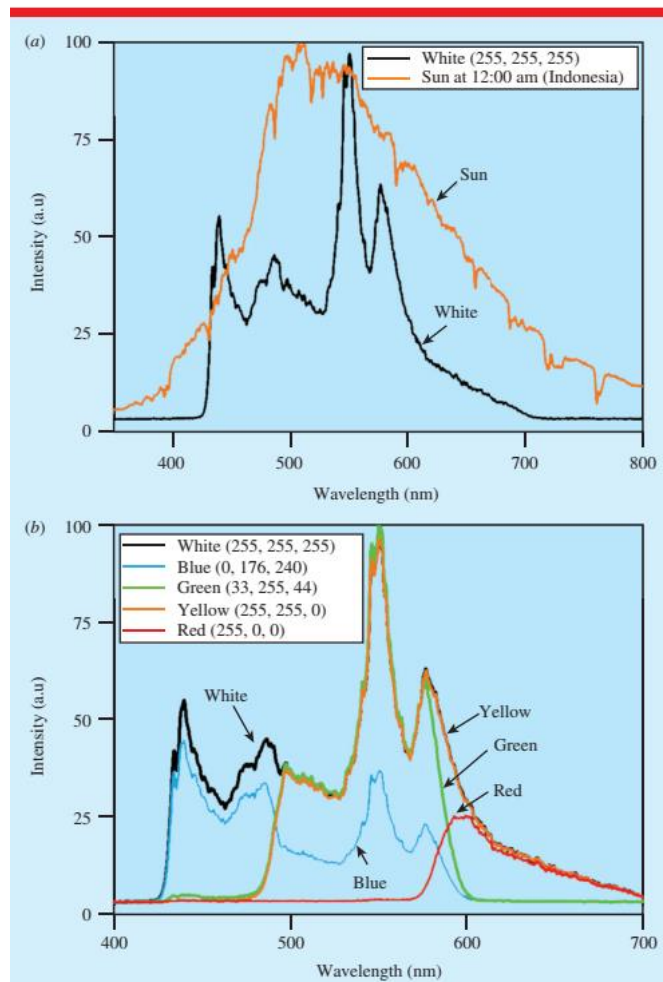
dan, (f) pengukuran efisiensi (η) dan faktor pengisian (FF) sel surya menggunakan persamaan (2) Dan (3).

$$\eta(\%) = \frac{P_{output}}{P_i} \times 100\%,$$

$$\text{dengan } P_{output} \equiv P_{maks} = I_{maks} \times V_{maks} \quad (2)$$

$$FF(\%) = \frac{I_{maks} \times V_{maks}}{I_{sc} \times V_{oc}} \times 100\% \quad (3)$$

akhirnya, (g) melakukan langkah-langkah di atas untuk berbeda dari warna iluminasi (RGB) dan intensitas warna putih. Variasi intensitas pencahayaan putih diperoleh dengan memvariasikan jarak antara sel surya dan proyektor LCD.



Gambar 3. Karakteristik spektral (a) iluminasi matahari di 12:00 dan warna putih, dan (b) putih, biru, hijau, kuning dan merah dari pencahayaan proyektor LCD.

Tabel 1. Karakteristik spektral untuk beberapa warna pencahayaan proyektor LCD dan sinar matahari.

No.	Illumination color	Spectral range (nm)	Spectral peak (nm)
1	White	425–720	5502
2	Blue	425–580	4401
3	Green	480–580	5502
4	Yellow	480–720	5502
5	Red	560–720	600
6	Sunlight illumination	350–1100	5313

Hasil dan Diskusi

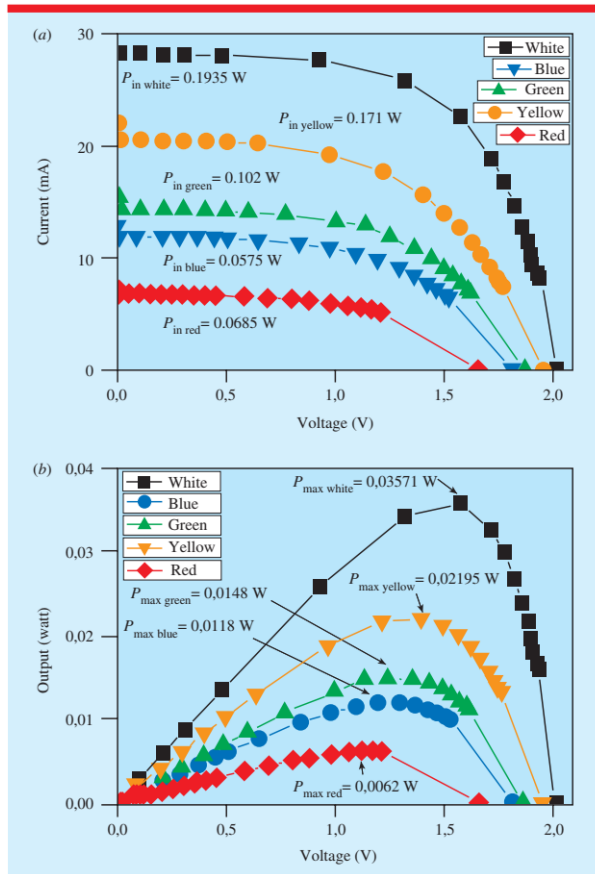
Karakteristik spektral warna pencahayaan

Gambar 3(a) adalah analisis perbandingan spektral dari sinar matahari dan beberapa pencahayaan warna dari proyektor LCD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinar matahari memiliki wilayah yang dominan di cahaya tampak hingga spektrum infra-merah dari 350 nm sampai 1000 nm, dengan puncak pada 531,3 nm. Sementara itu, pencahayaan putih dari proyektor LCD memiliki jangkauan spektral dalam cahaya tampak mulai dari 425 nm sampai 720 nm, dengan puncak utama di 440,1 nm, 486,7 nm, 550,2 nm dan 576,3 nm. Dengan demikian, spektral putih-warna proyektor LCD adalah relatif sama dengan yang terlihat spektrum cahaya dari sinar matahari [11]. Jadi, itu berpotensi digunakan sebagai sumber cahaya pada simulator surya untuk pengukuran karakteristik I-V sel surya. Gambar 3(b) dan Tabel 1 adalah karakteristik spektral dan properti untuk beberapa warna pencahayaan proyektor LCD. Pengamatan menunjukkan bahwa spektrum biru pencahayaan memiliki berbagai daerah panjang gelombang yang dihasilkan dari 425 nm sampai 580 nm, dengan puncak utama di 440 nm. Spektrum pencahayaan hijau dan kuning memiliki daerah panjang gelombang

pada 480 nm - 580 nm dan 480 nm - 720 nm dengan puncak yang sama di 550,2 nm, masing-masing. Sementara itu, spektrum warna iluminasi merah memiliki puncak pada 600 daerah nm dan panjang gelombang pada 560 nm - 720 nm. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi dari filter warna pada proyektor LCD berhasil menyaring dan mengendalikan output daerah panjang gelombang tertentu.

Pengukuran karakteristik arus - tegangan (I-V) sel surya

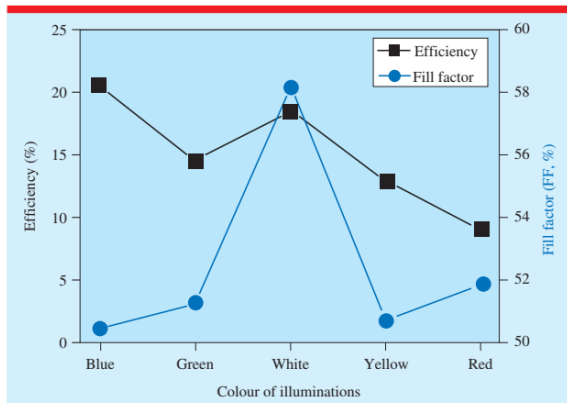
Gambar 4 menunjukkan karakteristik I-V sel surya komersial (dengan luas aktif $10 \times 5 \text{ cm}^2$) untuk beberapa warna pencahayaan. Dalam penelitian ini, iluminasi warna proyektor LCD yang bervariasi dari biru menjadi merah. Karakteristik listrik dari sel surya untuk beberapa warna pencahayaan diringkas dalam Tabel 2 . Sel-sel surya pada pencahayaan putih memiliki tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}) dari 2,02 V, arus hubung singkat (I_{sc}) dari 30,4 mA, FF dari 58,15% dan efisiensi (η) dari 18,45%. Efisiensi sel surya tertinggi dicapai oleh warna pencahayaan biru 20,49%, dengan FF dari 50,43%. Selanjutnya, efisiensi sel surya dicapai oleh warna pencahayaan hijau, kuning dan merah 14,51%, 12,84%, dan 9,05%, masing-masing. Hasil ini sesuai dengan respon spektral sel surya tipe silikon polykristalin [10]. Pada Gambar 5, Efisiensi (η) dan FF dari sel surya yang dirancang untuk beberapa warna pencahayaan berbeda dari sumber cahaya. Kinerja efisiensi perubahan sel surya dari 20,49% (biru pencahayaan) ke 9,05% (iluminasi merah) terutama disebabkan oleh perubahan energi foton dari pencahayaan pada sel surya dari tinggi ke energi foton rendah [13, 14]. Di mana elektron bersemangat tinggi (high V_{oc}) yang dihasilkan oleh pencahayaan biru, tetapi elektron berenergi rendah (low V_{oc}) yang dihasilkan oleh pencahayaan merah. Akibatnya, efisiensi konversi energi (η) dari sel surya yang ditentukan oleh warna pencahayaan.



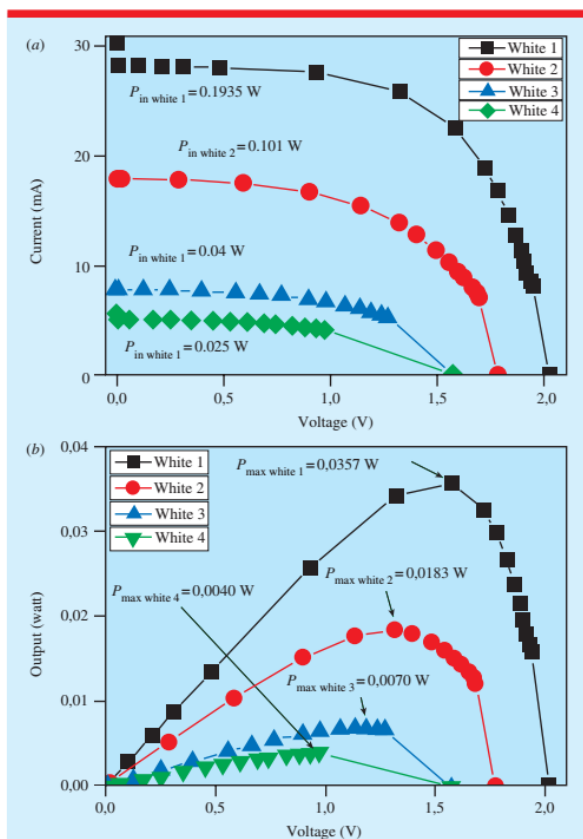
Gambar 4. (a) kurva karakteristik I-V, dan (b) karakteristik output daya dari sel surya untuk warna pencahayaan putih, biru, hijau, kuning dan merah warna

Tabel 2. Sifat listrik (arus - tegangan, I-V) dari sel surya untuk beberapa warna pencahayaan.

Illumination color	I_{sc} (mA)	V_{oc} (V)	I_{max} (mA)	V_{max} (V)	P_{in} (watt)	P_{out} (watt)	η (%)	FF (%)
White	30.40	2.02	22.6	1.58	0.194	0.0357	18.45	58.15
Blue	12.84	1.82	9.82	1.2	0.058	0.0118	20.49	50.43
Green	15.45	1.87	11.84	1.25	0.102	0.0148	14.51	51.23
Yellow	22.10	1.96	15.68	1.4	0.171	0.0219	12.84	50.68
Red	7.20	1.66	5.3	1.17	0.069	0.0062	9.05	51.88
Sun	290	2.23	270	1.17	1.620	0.4312	25.4	73.89



Gambar 5. Karakteristik sel surya untuk beberapa warna iluminasi.

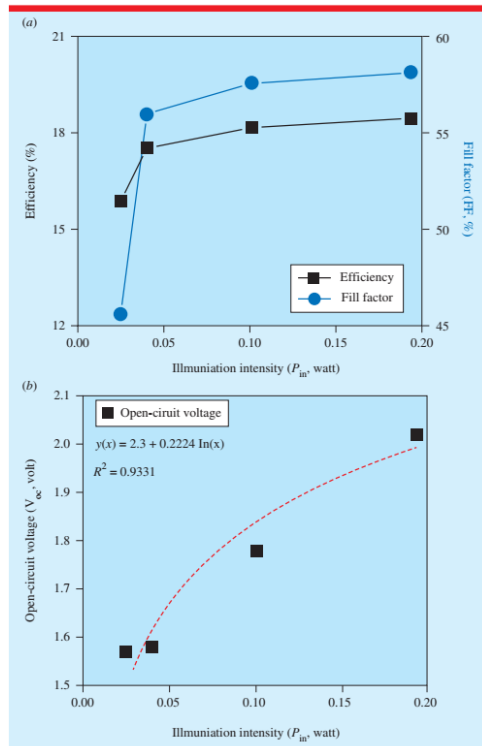


Gambar 6. (a) Kurva karakteristik I-V, dan (b) karakteristik output daya dari sel surya untuk berbagai intensitas penerangan warna putih (P_i).

Sementara itu, sel surya menunjukkan FF tertinggi sebesar 58,15% di bawah pencahayaan putih, dengan rata-rata sebesar 51% untuk warna pencahayaan lainnya. Nilai FF menggambarkan nilai idealisasi sel surya dengan karakteristik dioda; nilai-nilai FF tinggi menunjukkan karakteristik listrik dari sel surya yang lebih seperti dioda ideal. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan kinerja sel surya untuk warna pencahayaan ditentukan dengan mencocokkan respon spektral untuk spektrum pencahayaan.

Tabel 3. Sifat listrik (arus - tegangan, daya - V) dari sel surya untuk beberapa intensitas penerangan (P di) warna putih.

Illumination intensity	I_{sc} (mA)	V_{oc} (V)	I_{max} (mA)	V_{max} (V)	P_{in} (watt)	P_{out} (watt)	η (%)	FF (%)
White 1	30.4	2.02	22.6	1.58	0.194	0.0357	18.45	58.15
White 2	17.9	1.78	13.9	1.32	0.101	0.0183	18.17	57.59
White 3	7.93	1.58	6.15	1.14	0.04	0.0070	17.53	55.96
White 4	5.54	1.57	4.09	0.97	0.025	0.0040	15.87	45.61



Gambar 7. (a) karakteristik surya surya, dan (b) hubungan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc} , volt) sebagai fungsi dari intensitas penerangan warna putih (P_i , watt).

Untuk mengetahui pengaruh kuantitas foton (intensitas cahaya) pada karakteristik listrik dari sel surya, perlu untuk mengukur karakteristik I-V sel surya di beberapa pencahayaan putih dari proyektor LCD. Karakteristik I-V tersebut dan daya output dari sel surya untuk beberapa intensitas pencahayaan putih ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas penerangan perubahan semua parameter sel surya, termasuk arus hubung pendek (I_{sc}), tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}), dan FF seperti pada gambar 7(a) dan Tabel 3. Hal ini karena kinerja sel surya yang lebih besar dipengaruhi oleh resistansi seri pada intensitas tinggi dan hambatan shunt pada intensitas cahaya

rendah, masing-masing [13]. Sementara itu, hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sel surya memiliki hubungan linear dengan intensitas pencahayaan (E), yang berkaitan dengan kuantitas foton dari iluminasi (K_E , lihat persamaan (4)). Tegangan terbuka (V_{oc}) dari sel surya menunjukkan tren ketergantungan logaritmik pada intensitas pencahayaan dan berikut sangat erat dengan model diode dasar pada persamaan (5), seperti pada gambar 7(b). Tren ini mirip dengan laporan sebelumnya untuk sel surya berjenis p - n dan p - i - n, seperti sel surya silikon polikristal [14]. Hubungan efisiensi dan tegangan sirkuit terbuka sebagai fungsi intensitas pencahayaan dijelaskan berdasarkan persamaan [13],

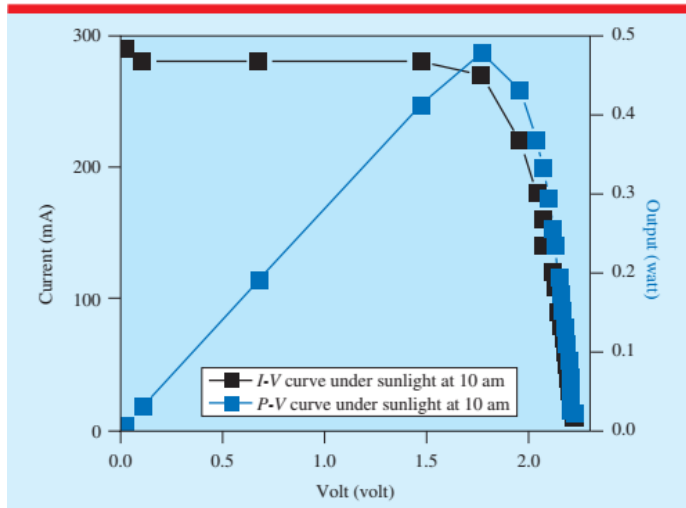
$$\eta \approx K_E \times E \quad (4)$$

$$V_{oc} = V_{ocn} + \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{E}{E_n}\right) \quad (5)$$

Dimana E_n dan V_{ocn} adalah intensitas penerangan dan tegangan rangkaian terbuka dalam kondisi intensitas matahari yang normal.

Karakteristik listrik dari sel surya di bawah paparan sinar matahari ditunjukkan pada Gambar 8 . Itu Sel surya memiliki tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dari 2.23 V, arus hubung singkat (I_{sc}) dari 290 mA, FF dari 73,89% dan efisiensi (η) 25,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa sel surya di bawah paparan sinar matahari memiliki karakteristik yang kuat diode (FF tinggi) dan konversi yang tinggi (η) nilai-nilai. Hal ini karena sinar matahari memiliki berbagai dan lengkap spektrum cahaya tampak, sehingga konversi foton ke elektron yang terbentuk adalah signifikan. Selain itu, tingginya intensitas sinar matahari pada sel surya menyebabkan nilai I_{sc} meningkat secara signifikan dan V_{oc} lebih besar daripada ketika menggunakan proyektor LCD sebagai sumber cahaya. Hasil ini sesuai dengan diskusi di bagian sebelumnya, yang berhasil

menunjukkan bahwa spektrum dan intensitas sumber cahaya secara signifikan mempengaruhi karakteristik listrik dari sel surya.



Gambar 8. Kurva karakteristik I-V dan output daya properti dari sel surya di bawah paparan sinar matahari pukul 10 pagi.

Kesimpulan

Sebuah solar simulator murah menggunakan proyektor LCD sebagai sumber cahaya telah dikembangkan dan diuji dengan sukses. Hubungan antara spektral pencahayaan dan pengaturan filter, serta intensitas penerangan simulator surya telah diukur dan dibahas. Simulator siap dengan filter spektral terkendali digunakan untuk memanfaatkan pengukuran karakteristik I-V sel surya. Pengukuran I-V menunjukkan bahwa efisiensi sel surya adalah sekitar 20,49% untuk penerangan biru untuk 9,05% untuk penerangan merah; hal itu disebabkan oleh energi foton dari pencahayaan pada sel surya dari tinggi ke energi rendah. Selain itu, intensitas pencahayaan berubah semua parameter sel surya, termasuk arus hubung pendek (I_{sc}), tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}), dan FF.

Referensi

1. Kannan N and Vakeesan D 2007 Solar energy for future world: a review *Renew. Sustain. Energy Rev.* 62 1092–105
2. Crabtree G W and Lewis N S 2007 Solar energy conversion *Phys. Today* 60 37
3. Nuryadin B W, Qulsum U, Mahen E C S, Nuryantini A Y, Aliah H and Perkasa Y S 2016 Synthesis and optimization of carbon nanoparticles (C-dots) as absorber materials for solar distillation applications *J. Pendidikan Fisika Indonesia* 12 137–41
4. Thekaekara M P 1976 Solar radiation measurement: techniques and instrumentation *Sol. Energy* 18 309–25
5. Baltazar J C, Sun Y and Haberl J 2014 Improved methodology to measure normal incident solar Energy *Proc.* 57 1211–9
6. Luque A and Hegedus S (ed) 2005 Measurement and characterization of solar cells and modules *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* (New York: Wiley) pp 701–52
7. González M I 2017 An LED solar simulator for student labs *Phys. Educ.* 52 035002
8. Mackel H and Cuevas A 2006 Capturing the spectral response of solar cells with a quasisteady-state, large-signal technique *Prog. Photovolt., Res. Appl.* 14 203–12
9. Esen V, Saglam S and Oral B 2017 Light sources of solar simulators for photovoltaic devices: a review *Renew. Sustain. Energy Rev.* 77 1240–50
10. García J, Socolovsky H and Plá J 2017 On the spectral response measurement of multijunction solar cells *Meas. Sci. Technol.* 28 055203

11. Kwak Y and MacDonald L 2000 Characterisation of a desktop LCD projector Displays 21 179–94
12. Svilainis L 2018 LEDs for projectors Nitride Semiconductor Light-Emitting Diodes (LEDs) 2nd edn J J Huang et al (Sawston: Woodhead Publishing) pp 737–60
13. Chegaar M, Hamzaoui A, Namoda A, Petit P, Aillerie M and Herguth A 2013 Effect of illumination intensity on solar cells parameters Energy Proc. 36 722–9
14. Agbo S N, Merdzhanova T, Rau U and Astakhov O 2017 Illumination intensity and spectrum-dependent performance of thin-film silicon single and multijunction solar cells Sol. Energy Mater. Sol. Cells 159 427–34

Disadur dari makalah:

Bebeh Wahid Nuryadin, Ade Yeti Nuryantini and Muhammad Ali Ramdhani, A solar simulator using a LCD projector for students' laboratory, Phys. Educ.53(2018) 055021 (11pp)

BAB 4

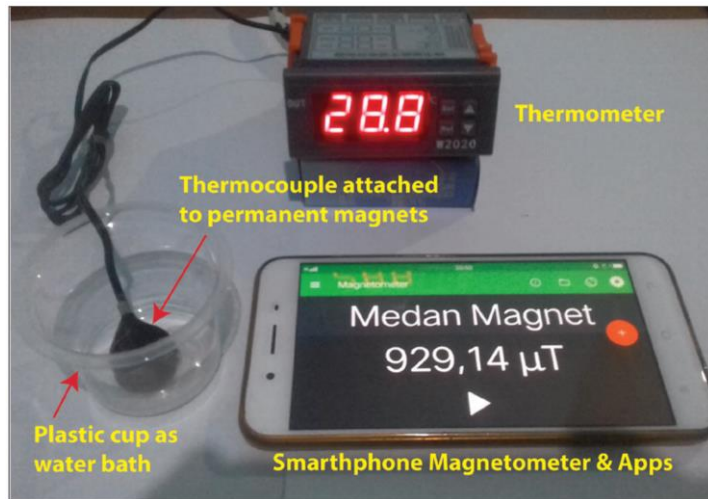
Penentuan sederhana suhu Curie menggunakan magnetometer smartphone

Pendahuluan

Suhu Curie, juga disebut titik Curie, adalah suhu di mana material magnetik mengalami transisi fase dari feromagnetik ke ikatan proper-paramagnetik. Karakteristik magnet permanen muncul di bawah Curie suhu-di bawah $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (673 K) untuk bahan ferromagnetic komersial seperti ferit atau neodmium. Dalam bahan feromagnetik, magnet atom secara spontan berorientasi ke arah yang sama di setiap domain mikroskopis (wilayah kristal), menghasilkan medan magnet yang kuat. Peningkatan suhu bahan ferromagnetic ke titik Curie akan mengganggu berbagai pengaturan spontan, dan hanya jenis lemah sisa-sisa magnetisasi, yang disebut paramagnetik[1,2]. Metode umum untuk memastikan suhu Curie adalah dengan menggunakan titik pendulum Curie [3] atau menggunakan magnet kecil yang melekat kawat feromagnetik horizontal. Pendulum atau kawat feromagnetik, yang dipanaskan melalui pembakaran atau pemanas listrik, akan berubah menjadi bahan paramagnetik saat mencapai suhu Curie, sehingga pendulum atau magnet akan jatuh. Metode magnet / kawat panas- ing memungkinkan penentuan kuantitatif suhu Curie, dengan pengukuran cukup kompleks dan perhitungan parameter [4].

Oleh karena itu, penelitian kami berfokus pada melakukan demonstrasi suhu Curie dari bahan feromagnetik (magnet permanen) kuantitatif

menggunakan magnetometer smartphone. Mengukur dan menganalisis magnetisasi vs hubungan suhu bahan feromagnetik adalah dilakukan menggunakan pendekatan *mean field theory* (model Ising), sehingga suhu Curie magnet permanen dapat dengan mudah ditentukan.



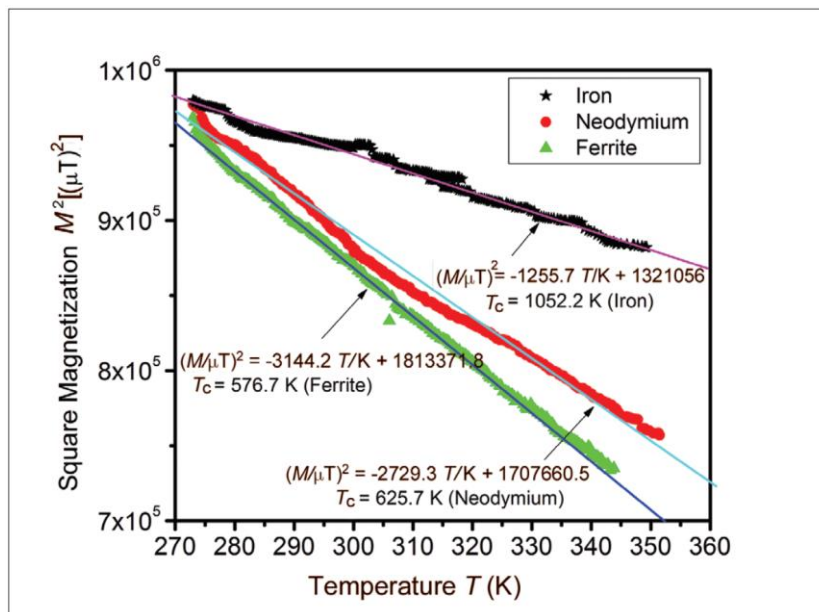
Gambar 1. Skema Eksperimental digunakan untuk menentukan suhu Curie magnet permanen.

Metode Eksperimen

Aparat digunakan dalam penelitian ini adalah:

- magnet permanen kecil (magnet besi, neodymium, dan ferrite)
- Termometer dengan termokopel NTC (diameter sensor stainless steel sebesar 0,1-cm, daerah kerja dari -6°C [267 K] hingga 125°C [398 K])
- Smartphone (Vivo Y59) dengan aplikasi magnetometer dari Fisika Toolbox Sensor Suite
- Beberapa es batu dan air mendidih, dan cangkir plastik sebagai wadah air.

Termokopel melekat pada magnet permanen menggunakan pita listrik sehingga probe cukup dekat untuk mengukur suhu magnet. Magnet permanen dan termokopel ditempatkan di gelas plastik untuk sub digabung dalam air es atau air mendidih (lihat Gambar 1). Pengukuran “Dingin” dilakukan dengan memasukkan beberapa es batu ke dalam gelas plastik, dan menunggu sampai penurunan suhu magnet dan stabil pada $\pm 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Sementara itu, “panas” surement Measures dilakukan dengan memasukkan beberapa mililiter air panas ke dalam cangkir plastik, dan menunggu sampai suhu magnet meningkat dan stabil pada $70\text{-}90 \text{ }^\circ\text{C}$ ($343\text{-}363 \text{ K}$).



Gambar 2. Kurva kuadrat magnetisasi (M^2) magnet permanen pada berbagai suhu T : untuk (a) magnet besi (bintang), (b) magnet neodmium (lingkaran), dan (b) magnet ferit (segitiga). Kurva linear diperoleh dengan persamaan (fitting) linear dari data kuadrat magnetisasi.

Hubungan medan magnet dan suhu magnet permanen diukur (diukur manual) dari kondisi “panas” atau “dingin” sampai suhu kamar secara alami, dengan rentang di 0,2 K. Untuk magnet pengamatan di bawah dari Curie tempera- ture ($T \ll T_C$), pendekatan *mean field theory* (MFT) memprediksi bahwa medan magnet dari bahan feromagnetik menurun dengan meningkatnya suhu. Perilaku spontan magnet (magnetisasi, M) pada titik kritis (β) dijelaskan oleh persamaan berikut [1]:

$$M \sim (T - T_C)^\beta \quad \text{dengan} \quad \beta = \frac{1}{2} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan linear, maka

$$M^2 = aT - aT_C = aT + b, \quad \text{dengan} \quad T_C = -b/a \quad (2)$$

Hasil dan kesimpulan

Gambar 2 menunjukkan kuadrat magnetisasi (M^2) dari manen magnet perpada berbagai suhu (lingkaran menunjukkan magnet neodymium dan segitiga menunjukkan magnet ferit), jelas menunjukkan bahwa kuadrat magnetisasi menurun secara linear bergantung terhadap suhu. Garis pada Gambar 2 mewakili persamaan linear data kuadrat magnetisasi untuk magnet permanen yang berbeda: (a) magnet neodymium dan (b) magnet ferit. Gradien dari hasil memiliki nilai negatif yang berbeda untuk magnet permanen yang berbeda. Dengan demikian, magnetisasi spontan akan mendekati nol ketika suhu meningkat dengan suhu Curie. Hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa suhu Curie ($T_{C-Approx}$) untuk besi, neodymium, dan magnet ferit adalah 1052,2 K (778,9 ° C), 625,7 K (352,6 ° C), dan 576,7 K (303,6 ° C), masing-masing. Hasil ini mirip dengan suhu referensi Curie (T_{C-ref}) untuk magnet besi (1020 K), magnet neodymium (583-673 K), dan magnet ferit

(MnFe_2O_4 , 573 K) [2,6]. Hasil yang baik antara diukur dan dirujuk suhu Curie dengan biaya rendah menggunakan metode tersebut menunjukkan bahwa ketidakpastian pada hysteresis magnetisasi cukup kecil. Peralatan ini cocok untuk digunakan pada pengukuran suhu Curie untuk magnet permanen kecil. Meskipun demikian, peralatan ini memberikan hasil yang baik untuk pengamatan berulang.

Referensi

1. J. R. Hook and H. E. Hall, Solid State Physics, 2nd ed. (Wiley, Chichester, 1994).
2. C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 6th ed. (John Wiley & Sons, 1986).
3. S. Velasco and F. L. Román, "Determining the Curie temperature of iron and nickel," Phys. Teach. 45, 387–389 (Sept. 2007).
4. C. Kizowski, S. Budzik, and J. Cebulski, "Finding the Curie temperature for ferromagnetic materials," Phys. Teach. 45, 31–33 (Jan. 2007).
5. Physics Toolbox Sensor Suite, Vieyra Software, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=en>, accessed Jan. 12, 2018.
6. K. H. J. Buschow, Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Elsevier, 2001).

Disadur dari makalah:

Bebah Wahid Nuryadin and Rusman Rusman, Simple determination of Curie temperature using a smartphone magnetometer, The Physics Teacher 57, 422 (2019).

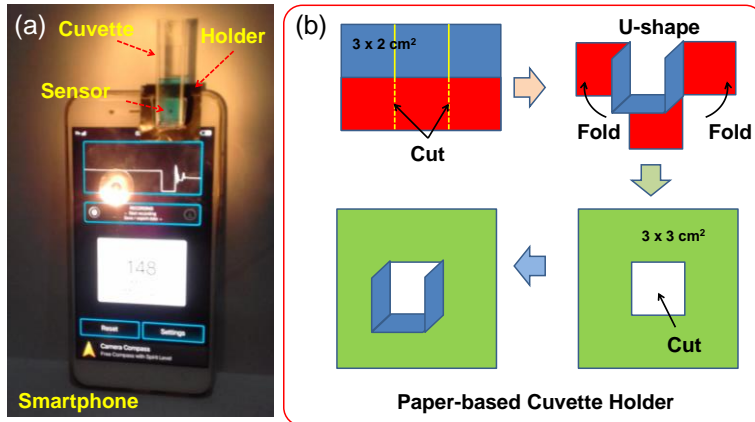
BAB 5

Perangkat Colorimeter menggunakan Sensor Cahaya Smartphone

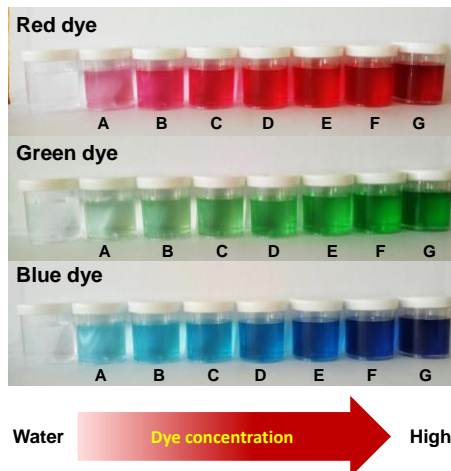
Pendahuluan

Sebuah colorimeter yang murah , mobile , dan real-time untuk mendeteksi konsentrasi larutan adalah penting dan memiliki prospek potensial untuk dikembangkan . Sebuah colorimeter telah digunakan dalam banyak aplikasi, seperti menentukan konsentrasi dan reaksi kinetik kimia dari solusi dalam mahasiswa lab s, penelitian, dan industri laboratorium tujuan [1, 2] . Banyak colorimeters ilmiah dan teknis pendekatan menggunakan yang berbeda mendeteksi dan skematis prinsip seperti sebuah colorimeter sederhana atau UV-Visible spektrometer [1, 3] . Saat ini, Anzalone di al. membangun 3D printable dan colorimeter open-source berbasis Arduino menghasilkan kinerja yang lebih besar dibandingkan dengan colorimeter komersial [4] . Kehoe et al. mempekerjakan para analisis RGB ke dalam gambar digital dari cairan solusi untuk kegiatan di kimia laboratorium [5] . Sementara itu, Kuntzleman et al. menggunakan kamera smartphone untuk analisis RGB pada gambar digital dari solusi pewarnaan [6] . Namun, percobaan ini membutuhkan analisis gambar digital RGB yang canggih . Jadi , perlu mencari pendekatan yang disederhanakan dan potensial menggunakan sensor umum , seperti sensor cahaya smartphone [7, 8] .

Dalam tulisan ini, kami melaporkan colorimeter berbasis kertas menggunakan sensor cahaya smartphone untuk pengukuran absorbansi dan konsentrasi . Rasio transmitansi dan absorbansi sumber cahaya diukur untuk konsentrasi yang berbeda dari pewarna makanan . Eksperimen ini menunjukkan hubungan sederhana dari nilai absorbansi dengan data konsentrasi yang sejalan dengan sensor cahaya ponsel cerdas. Kemudian, kami menyajikan prosedur pengukuran yang dapat digunakan di laboratorium siswa untuk industri kecil.



Gambar 1 Diagram skematis dari (a) sistem colorimeter berbasis kertas , dan (b) pemegang cuvette berbasis kertas



Gambar 2 Gambar digital dari beberapa solusi pewarna makanan utama (pewarna merah, hijau dan biru)

Metode Eksperimen

Sistem colorimeter terdiri dari LED putih sebagai sumber cahaya, penunjuk cuvette berbasis kertas, dan sensor cahaya smartphone, ditunjukkan pada Gambar 1(a) . Persiapan pemegang cuvette berbasis kertas ditampilkan di Gambar 1(b). Dudukan cuvette berbasis kertas yang disiapkan dibuat agar Smartphone dan cuvette (1x1 cm) dapat berdiri tegak selama proses pengukuran. Lampu LED putih digunakan sebagai sumber cahaya dengan spektral umum dari 400 nm hingga 750 nm.

0 nm , dengan puncak spektral pada 450 nm (biru), dan 550 nm (kuning) [3, 9] . The cahaya dari LED putih memasuki ke larutan sampel pada kuvet, di mana molekul sampel dan cahaya insiden interaksi terjadi. Setelah itu, cahaya yang ditransmisikan memasuki sensor cahaya ponsel cerdas dan dikonversi menjadi nilai lux meter. Nilai transmitansi () dan absorbansi () dapat dihitung oleh Hukum Beer-Lambert,

$$T = \exp(-Ad) = \frac{I_S}{I_R} \quad (1)$$

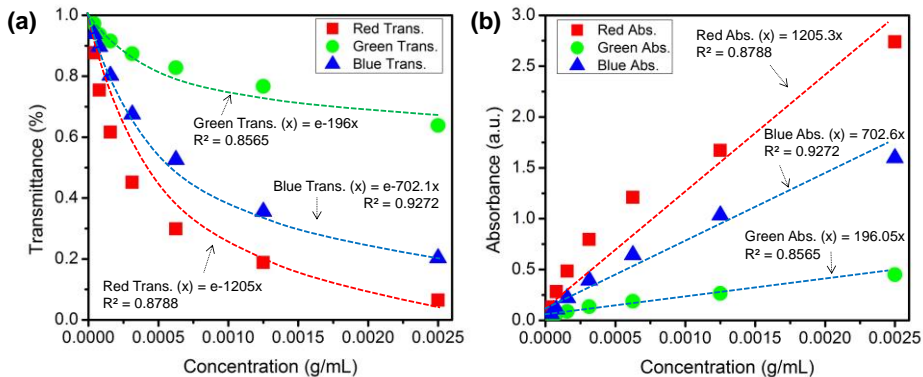
$$A = \alpha c = -\ln(T) = -\ln\left(\frac{I_S}{I_R}\right) \quad (2)$$

di mana I_S , I_R , A , α , c dan d adalah yang intensitas transmisi, referensi intensitas (atau intensitas air), absorptivitas molar, konsentrasi sampel, serta ketebalan kuvet.

Pewarna pewarna makanan komersial merah, hijau, dan biru dibeli dari Cap Kupu Kupu Co., Ltd. (Bandung, Indonesia). Air deionisasi dibeli dari toko bahan kimia setempat. Semua pewarna makanan dan air memiliki tingkat analitik dan digunakan tanpa pemurnian lebih lanjut. Tujuh solusi konsentrasi (0,025 g/mL) untuk setiap jenis dari pewarna makanan pewarna disusun dengan menggunakan metode dilusi sederhana. Dudukan cuvette ditempatkan di depan sensor cahaya smartphone, dengan berpusat pada sensor. Sumber LED putih itu diatur dalam pencahayaan langsung dan jarak yang sama di seluruh percobaan.

Bahaya

Intensitas cahaya tinggi berbahaya bagi penglihatan jika terpapar langsung. Untuk menghindari itu intensitas cahaya tinggi selama percobaan, tidak menggunakan perhiasan logam, jam tangan atau lainnya.



Gambar 3 (a) Transmisi dan (b) pengukuran absorbansi pewarna pewarna menggunakan sistem kolorimeter yang disiapkan

Hasil dan Diskusi

Transmitansi dan absorbansi pengukuran untuk semua pewarna makanan pewarna menggunakan disiapkan sistem colorimeter yang ditunjukkan pada Gambar 3. Data hasil menunjukkan bahwa colorimeter siap sistem yang sesuai adalah kuantitatif untuk mahasiswa lab s latihan menggunakan hukum Beer untuk menghitung konsentrasi dari data yang kolorimetri (Persamaan 2) . The absorbansi vs plot konsentrasi untuk makanan utama pewarna pewarna menghasilkan hubungan garis lurus dan nilai-nilai R2 dari $0,89 \pm 0,03$ menggunakan interpolasi linier cocok ting (Gambar 3 (b)) . Tertinggi terendah dan nilai absorbansi yang mencapai ing oleh pewarna pewarna merah dan hijau , masing-masing . Nilai absorbansi tinggi dari yang merah mewarnai Zat warna itu disebabkan oleh merah pewarna menyerap cahaya hampir semua terlihat dan tersebar tertentu (merah) panjang gelombang [10] . Oleh karena itu, menarik untuk membangun sebuah sistem colorimeter menggunakan berbagai variasi sumber spektral cahaya.

Kesimpulan

Sebuah colorimeter berbasis kertas untuk pengukuran absorbansi dan konsentrasi pewarna cair telah dikembangkan . Sistem colorimeter berbasis kertas terdiri dari LED putih sebagai sumber cahaya, penunjuk cuvette berbasis kertas, dan sensor cahaya smartphone. Rasio transmitansi dan absorbansi sumber cahaya diukur untuk konsentrasi

yang berbeda dari pewarna pewarna makanan. Eksperimen ini menunjukkan hubungan linier antara nilai absorbansi dengan data konsentrasi.

Referensi

- [1] P. Onorato, L. M. Gratton, M. Polesello, A. Salmoiraghi and S. Oss, "The Beer Lambert law measurement made easy," *Physics Education*, vol. 53, p. 035033, 2018.
- [2] Rohit, L. Kanwar and K. K. Rao, "Development of a low-cost portable colorimeter for the estimation of fluoride in drinking water," *Sensors and Actuators B: Chemical* Volume 149, Issue 1, 6 August 2010, Pages 245-251, vol. 149, no. 1, pp. 245-251, 2010.
- [3] A. Y. Nuryantini, E. C. S. Mahen, A. Sawitri and B. W. Nuryadin, "Do it yourself optical spectrometer for physics undergraduate instruction in nanomaterial characterization," *European Journal of Physics*, vol. 38, p. 055501, 2017.
- [4] G. C. Anzalone, A. G. Glover and J. M. Pearce, "Open-Source Colorimeter," *Sensors*, vol. 13, pp. 5338-5346, 2013.
- [5] E. Kehoe and R. L. Penn, "Introducing Colorimetric Analysis with Camera Phones and Digital Cameras: An Activity for High School or General Chemistry," *Journal of Chemical Education*, vol. 90, pp. 1191-1195, 2013.
- [6] T. S. Kuntzleman and E. C. Jacobson, "Teaching Beer's Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A Substantially Simplified Protocol," *Journal of Chemical Education*, vol. yy, p. zy, xy.
- [7] B. S. Hosker, "Demonstrating Principles of Spectrophotometry by Constructing a Simple, Low-Cost, Functional Spectrophotometer Utilizing the Light Sensor on a Smartphone," *Journal of Chemical Education*, vol. 95, no. 1, pp. 178-181, 2018.
- [8] C. Diawati, Liliasari, A. Setiabudi and Buchari, "Using Project-Based Learning To Design, Build, and Test Student-Made Photometer by Measuring the Unknown Concentration of Colored Substances," *Journal of Chemical Education*, vol. 95, no. 3, pp. 468-475, 2018.
- [9] J. Asheim, E. V. Kvittingen, L. Kvittingen and R. A. Verley, "Simple, Small-Scale Lego Colorimeter with a Light-Emitting

- Diode (LED) Used as Detector," *Journal of Chemistry Education*, vol. 91, pp. 1037-1039, 2014.
- [10] K.-T. Lau, W. S. Yerazunis, R. L. Shepherd and D. Diamond, "Quantitative colorimetric analysis of dye mixtures using an optical photometer based on LED array," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 114, pp. 819-825, 2006.
- [11] G. H. Ellis and C. S. Brandt, "Photoelectric Colorimeter for Use in Microanalysis," *Analytical Chemistry*, vol. 21, no. 12, pp. 1546-1548, 1949.