

PENENTUAN SUDUT DEVIASI MINIMUM PRISMA MELALUI PERISTIWA PEMBIASAN CAHAYA BERBANTUAN KOMPUTER

DETERMINATION OF MINIMUM DEVIATION ANGLE OF PRISM THROUGH THE LIGHT REFRACTION ASSISTED BY A COMPUTER

Kunlestiowati H, Nani Yuningsih, Wiwip Martono

UP MKU Politeknik Negeri Bandung
kunpolban@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pengertian pembiasan (refraksi) cahaya adalah pembelokan arah rambat cahaya yang disebabkan medium (zat perantara) yang dilalui cahaya berbeda kerapatan optiknya sehingga kecepatan cahaya berbeda pula. Contoh pembiasan cahaya adalah cahaya dari udara ke kaca, dari air ke kaca, dari udara ke air, dan sebagainya. Pembiasan cahaya juga dapat terjadi jika cahaya datang dari udara ke prisma. Prisma adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang permukaan yang bersudut dan disebut sudut pembias prisma. Apabila seberkas cahaya masuk pada salah satu permukaan prisma maka cahaya tersebut akan dibiaskan dari permukaan prisma yang lain dan membentuk sudut deviasi. Besarnya sudut deviasi berubah-ubah bergantung pada sudut datang (i). Telah dilakukan percobaan pembiasan cahaya menggunakan prisma dengan dua jenis indeks bias. Untuk prisma dengan $\beta = 45^\circ$ dan indeks bias 1,6, dihasilkan sudut deviasi minimum $30,5^\circ$ jika sudut datang 38° . Jika prisma dengan $\beta = 45^\circ$ dengan indeks bias 1,5, dihasilkan sudut deviasi minimum $25,09^\circ$ jika sudut datang 35° . Hasil ini diperoleh melalui perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku untuk pembiasan cahaya pada prisma, grafik menggunakan *software* Maple dan Excel. Dapat disimpulkan besar sudut deviasi minimum dipengaruhi oleh sudut datang, sudut puncak prisma, dan indeks bias prisma.

Kata kunci: prisma, excel, maple

ABSTRACT

Light refraction is the change in the direction of light propagation. Light refraction is caused by the difference of medium (transmission medium) optical density which passed by the light; as a result, the speed of light is different as well. The examples of light refraction are the light from air to glass, from water to glass, from air to water, and so on. The light refraction can also occur if the light comes from the air to the prism. Prism is a clear object bounded by two angled surfaces which are called the refracting angles. When a beam enters one of the surfaces, the light will be refracted from another prism surface and forms an angle of deviation. The angle of deviation size is variable, depending on the angle of incidence (i). Light refraction experiments were conducted in prisms with two types of refractive index. The prism with $\beta = 45^\circ$ and refractive index = 1.6 produces $30,5^\circ$ of angle of minimum deviation if the angle of incidence is 38° and the prism with $\beta = 45^\circ$ and refractive index = 1.5 produces $25,09^\circ$ of angle of minimum deviation if the angle of incidence is 35° . These results were obtained through the calculation based on the formula that applies to the light refraction in prism. From that formula, a graph which shows the relation between the angle of incidence and the angle of deviation was made using Microsoft excel. Another graph was made using Maple software to

compare the size of angle. From the results above, it is concluded that the angle of minimum deviation is affected by the angle of incident, apex angle, and refractive index of prism.

Keywords: *prism, excel, maple*

PENDAHULUAN

Cahaya mempunyai beberapa sifat, di antaranya dapat dibiaskan jika melalui dua medium yang berbeda. Dalam kehidupan sehari-hari, sering ditemukan fenomena alam, contoh tongkat yang dimasukkan ke dalam gelas berisi air, seolah-olah tongkat tersebut patah jika dilihat dari samping gelas. Peristiwa tersebut dinamakan sebagai pembiasan atau pembelokan.

Pembiasan atau pembelokan terjadi ketika suatu benda terdapat pada medium dengan kerapatan yang berbeda, misalnya medium udara dan air. Istilah pembiasan tentu tidak lepas dari sudut datang, sudut bias, dan garis normal. Sudut datang adalah sudut yang dibentuk suatu cahaya yang datang terhadap garis normal suatu medium. Sudut bias adalah sudut yang dibentuk dari pembiasan cahaya datang (cahaya pantul) terhadap garis normal.

Pembiasan cahaya dapat terjadi pada prisma, antara lain diterapkan pada prinsip kerja dari suatu alat yaitu spektrometer berupa alat optik yang digunakan untuk mengamati dan mengukur sudut deviasi cahaya datang karena pembiasan dan dispersi. Dengan menggunakan hukum Snellius, indeks bias dari kaca prisma untuk panjang gelombang tertentu atau warna tertentu dapat ditentukan. Prisma yang berada di tengah spektrometer berfungsi untuk menyebarkan cahaya karena peristiwa pembiasan cahaya.

Prisma adalah alat optik yang digunakan untuk mengamati dan mengukur sudut deviasi cahaya datang karena pembiasan dan dispersi. Ketika cahaya ini jatuh pada sisi prisma, panjang gelombang yang berbeda ini dibelokkan dengan derajat

yang berbeda pula sesuai dengan Hukum Snellius. Pada pembiasan cahaya tersebut pada sudut datang tertentu, akan dihasilkan sudut deviasi minimum. Untuk sudut pembias, atau yang sering disebut, sudut puncak prisma dengan bahan prisma atau indeks bias berbeda akan dihasilkan sudut deviasi minimum yang berbeda.

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperoleh rumusan masalah bagaimana cara menentukan sudut deviasi minimum prisma dan bagaimana hubungan sudut datang (i) terhadap sudut deviasi (r).

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan sudut deviasi minimum prisma melalui perhitungan dan grafik berbantuan komputer dengan program excel dan maple.

Terdapat beberapa sifat cahaya di antaranya pembiasan cahaya melalui prisma. Prisma adalah zat bening yang dibatasi oleh dua bidang datar. Apabila seberkas sinar datang pada salah satu bidang prisma yang kemudian disebut sebagai bidang pembias I, berkas sinar akan dibiaskan mendekati garis normal. Sampai pada bidang pembias II, berkas sinar tersebut akan dibiaskan menjauhi garis normal. Pada bidang pembias I, sinar dibiaskan mendekati garis normal sebab sinar datang dari zat optik yang kurang rapat ke zat optik lebih rapat yaitu dari udara ke kaca. Sebaliknya pada bidang pembias II, sinar dibiaskan menjauhi garis normal sebab sinar datang dari zat optik rapat ke zat optik kurang rapat yaitu dari kaca ke udara. Akibatnya, seberkas sinar yang melewati sebuah prisma akan mengalami pembelokan arah dari arah semula. Fenomena yang terjadi jika seberkas cahaya melewati sebuah prisma seperti terjadinya sudut deviasi seperti gambar 1.

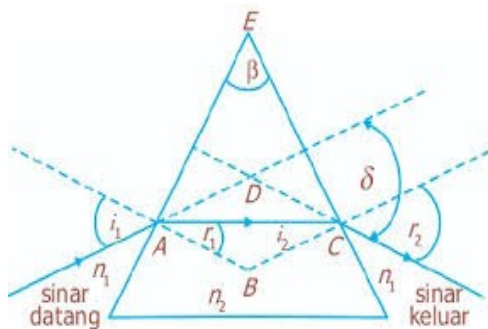
Cahaya melintas dari suatu medium ke medium lain dengan sudut i_1 sebelum masuk ke permukaan medium 1 lalu akan dibelokkan sebesar r_1 ketika masuk ke medium 2. Peristiwa ini disebut pembiasan atau refraksi. Sudut bias bergantung pada laju cahaya kedua media pada saat sudut datang, hubungan i_1 dan r_1 dijabarkan dalam Hukum Snellius bahwa

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_1 \dots\dots\dots(1)$$

$$\sin r_1 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1,$$

maka

$$r_1 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \right) \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 1 Pembiasan Cahaya pada Prisma

Pada Gambar 1 diperlihatkan apabila seberkas sinar datang dengan sudut i_1 dari medium kurang rapat (udara) dengan indeks bias n_1 menuju medium lebih rapat indeks bias n_2 (permukaan prisma), cahaya akan dibiaskan mendekati garis normal dengan sudut r_1 . Selanjutnya, pada bidang 2 prisma, berkas sinar yang datang dari medium lebih rapat (prisma) dengan sudut datang i_2 menuju medium kurang rapat (udara), akan dibiaskan menjauhi garis normal dengan sudut bias r_2 . Pada permukaan dua, berlaku seperti persamaan (1), yaitu

$$n_2 \sin i_2 = n_1 \sin r_2 \dots\dots\dots(3)$$

Hubungan sudut puncak prisma (β) dengan sudut datang dan sudut bias adalah

$$\beta = r_1 + i_2 \dots\dots\dots(4)$$

β = sudut pembias prisma

r_1 = sudut bias pada sisi pertama prisma

i_2 = sudut datang pada sisi ke dua prisma

Dari persamaan (3) dan (4), diperoleh hubungan sudut bias permukaan 2 (r_2), sudut datang permukaan 1 (i_1) dan sudut pembias prisma (β), yaitu

$$r_2 = \sin^{-1} \left[\frac{n_2}{n_1} \sin^{-1} \left\{ \beta - \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \right) \right\} \right] \dots\dots\dots(5)$$

Pada prisma, berlaku persamaan sudut deviasi yaitu

$$D = (i_1 + r_2) - \beta \dots\dots\dots(6)$$

D = sudut deviasi

i_1 = sudut datang pada sisi pertama prisma

r_2 = sudut bias pada sisi ke dua prisma

Untuk perhitungan manual, deviasi minimum diperoleh berdasarkan Hukum Snellius

$$n_1 \sin \frac{1}{2} (\beta + D_{\min}) = n_2 \sin \frac{1}{2} \beta \dots\dots\dots(7)$$

Berdasarkan persamaan (5) dan (6), maka

$$D = i_1 + \sin^{-1} \left[\frac{n_2}{n_1} \sin^{-1} \left\{ \beta - \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \right) \right\} \right] \dots\dots\dots(8)$$

D akan mencapai harga minimum jika

$$\frac{\partial D}{\partial i_1} = 0 \text{ sehingga akan diperoleh } i_1$$

Penyelesaian dapat dilakukan dengan berbantuan komputasi aljabar.

METODE

Untuk menentukan sudut deviasi minimum pada prisma melalui pembiasan cahaya, variabel bebas yang digunakan adalah sudut datang yang besarnya diubah-

ubah sebesar 25° , 30° , 35° , 38° , 40° , 45° , 50° yang diukur menggunakan busur derajat. Variabel kontrol yang digunakan adalah jenis prisma dengan indeks bias berbeda. Prisma yang digunakan sudut biasnya atau sudut puncak prisma $\beta = 45^\circ$ dengan indeks bias 1,5 dan 1,6. Variabel terikat adalah sudut deviasi, yaitu sudut yang dibentuk antara sinar datang dengan arah sinar yang meninggalkan prisma.

Untuk mendapatkan sudut deviasi minimum pada kedua prisma dengan indeks bias yang berbeda tersebut, dilakukan perhitungan secara manual dengan bantuan persamaan (3), (4), (6), dan (7) kemudian dibuat grafik hubungan antara sudut datang permukaan 1 (i_1) dan sudut deviasi berbantuan komputer excel. Untuk membuktikan hasil perhitungan dan grafik berbantuan excel, dibuat grafik dengan mengubah sudut dalam radian plot data yang dilakukan dengan bantuan program maple kemudian hasilnya dibandingkan.

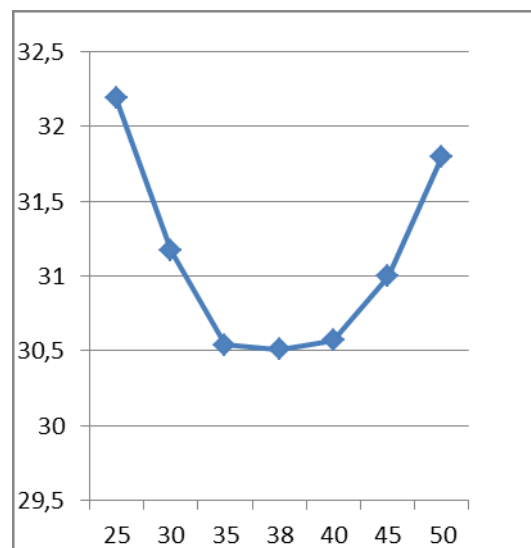
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, prisma yang digunakan adalah dua jenis indeks bias, yaitu prisma dengan indeks bias (n) 1,5 dan 1,6. Untuk mendapatkan sudut deviasi minimum prisma, secara perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (3), (4), (6), dan (7) dengan terlebih dahulu menentukan sudut datang pada permukaan 1 (i_1). Berdasarkan perhitungan dengan memasukkan indeks bias prisma $n = 1,6$ dan sudut pembias prisma ($\beta = 45^\circ$), akan diperoleh r_1 i_2 r_2 dan D . Tabel 1 memperlihatkan hasil perhitungan tersebut berdasarkan sudut deviasi minimum yang dihasilkan, yaitu $30,51^\circ$ yang terjadi saat sudut datang 38° .

Tabel 1 Sudut Deviasi Prisma dengan Indeks Bias $n = 1,6$ dan Sudut Pembias Prisma $\beta = 45^\circ$

No	$i_1(^{\circ})$	$r_1(^{\circ})$	$i_2(^{\circ})$	$r_2(^{\circ})$	D
1	25	15,31	29,62	52,18	32,19
2	30	18,2	26,8	46,17	31,17
3	35	21	24	40,54	30,54
4	38	22,63	22,37	37,51	30,51
5	40	23,68	21,32	35,57	30,57
6	45	26,22	18,78	31	31
7	50	28,62	16,38	26,81	31,80

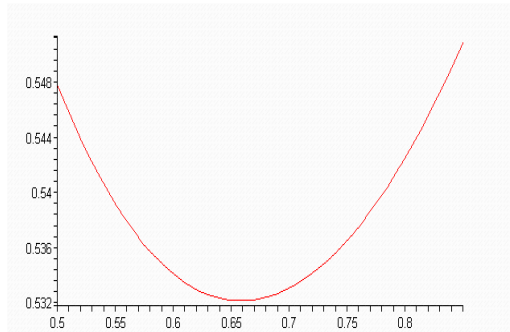
Pada Gambar 2, diperlihatkan grafik antara sudut deviasi terhadap sudut datang, dengan bantuan program excel, sudut deviasi minimum yang dihasilkan sama dengan perhitungan yaitu sebesar $30,51^\circ$, pada sudut datang (i_1) permukaan 1 prisma sebesar 38° .



Gambar 2 Grafik Hubungan Antara Sudut Datang (i) terhadap Sudut Deviasi (D) Berbantuan Excel

Dengan plot hubungan sudut datang dan sudut deviasi berdasarkan persamaan (5) dengan memasukkan indeks bias prisma 1,6 ($x + \arcsin(1,6 \cdot \sin(0,785 - \arcsin(\sin(x)/1,6))) - 0,785, x = 0,5 \dots 0,85$); dengan program Maple, satuan sudut dinyatakan dalam radian dan hasilnya seperti tampak pada gambar 3. Pada grafik pada gambar 3, diperlihatkan bahwa sudut deviasi minimum yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan dan grafik

berdasarkan Excel, yaitu deviasi minimum pada sudut 0,532 radian ketika sudut datang 0,662 radian.



Gambar 3 Grafik Hubungan Sudut Datang dan Sudut Deviasi Berbantuan Maple, dengan Satuan Sudut Dalam Radian

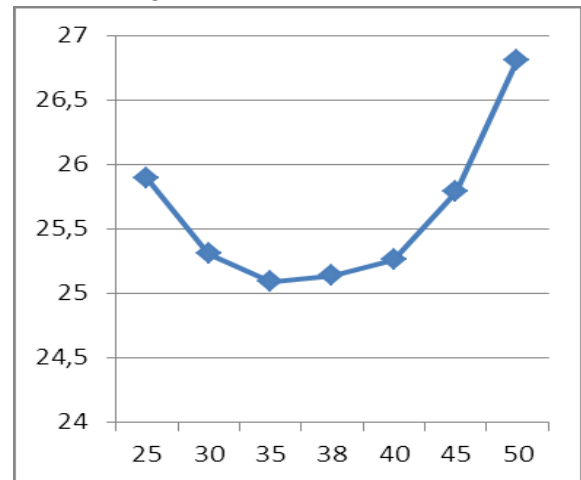
Berdasarkan metode, hal yang sama dilakukan juga pada prisma dengan indeks bias $n = 1,5$ dan sudut pembias prisma ($\beta = 45^\circ$). Hasil perhitungan berdasarkan persamaan (1), (3), dan (4).

Tabel 2 Sudut deviasi Prisma dengan indeks bias $n = 1,5$ dan sudut pembias prisma $\beta = 45^\circ$

No	$i_1(^{\circ})$	$r_1(^{\circ})$	$i_2(^{\circ})$	$r_2(^{\circ})$	$D(^{\circ})$
1	25	16,38	28,62	45,89	25,89
2	30	19,45	25,55	40,31	25,31
3	35	22,46	22,54	35,09	25,09
4	38	24,20	20,79	32,14	25,14
5	40	25,37	19,63	30,26	25,26
6	45	28,13	16,87	25,79	25,79
7	50	30,66	14,34	21,81	26,81

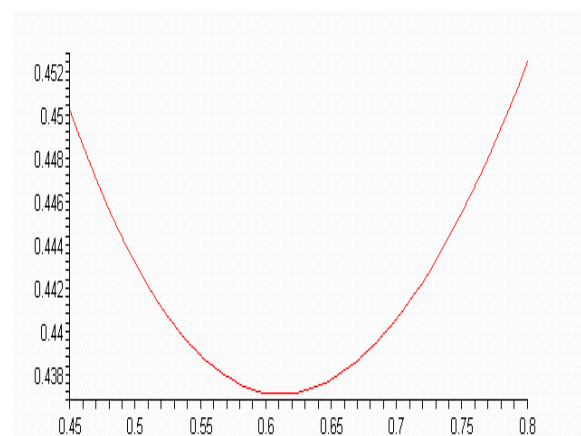
Pada Tabel 2, diperlihatkan sudut deviasi minimum $25,09^\circ$ yang terjadi saat sudut datang 35° . Seperti perlakuan pada prisma pertama dengan bantuan excel berdasarkan data tabel 2, hasilnya seperti pada gambar 4 yang memperlihatkan grafik hubungan antara sudut datang (i_1) terhadap

sudut deviasi minimum $25,09^\circ$ terjadi saat sudut datang 35° .



Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Sudut Datang (i) terhadap Sudut Deviasi (D) Berbantuan Excel

Untuk mendapatkan sudut deviasi minimum pada prisma dengan indeks bias 1,5, digunakan program maple dengan plot persamaan $(x + \arcsin(1.5 * \sin(0.785 - \arcsin(\sin(x)/1.5)))) - 0.785, x = 0.45..0.8$, sudut dinyatakan dalam radian, diperoleh hasil seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Sudut Datang dan Sudut Deviasi Berbantuan Maple dengan Satuan Sudut Dalam Radian

Pada Gambar 5, diperlihatkan bahwa sudut deviasi minimum yang dihasilkan 0,437 radian, ketika sudut datang 0,61 radian.

SIMPULAN

Sudut deviasi minimum dapat diperoleh dengan mengetahui nilai sudut datang, sudut bias, dan nilai β prisma terlebih dahulu. Dari data tersebut berdasarkan rumus yang berlaku, besar sudut datang akan memengaruhi besar sudut bias yang dihasilkan. Artinya, semakin besar nilai sudut datang, semakin besar pula nilai sudut bias yang dihasilkan. Sudut deviasi minimum akan diperoleh ketika nilai sudut datang pada permukaan 2 (i_2) dan sudut bias pada permukaan 1 (r_1) besarnya sama.

Dari perhitungan menggunakan persamaan tersebut dan grafik, baik berbantuan Excel maupun Maple, diperoleh simpulan bahwa pembiasan cahaya pada prisma akan menghasilkan sudut deviasi minimum yang besarnya bergantung sudut datang permukaan pertama, sudut bias prisma, dan indeks bias prisma. Berdasarkan hasil dengan tiga cara tersebut, sudut deviasi minimum menunjukkan angka yang sama. Untuk efisiensi waktu dalam mendapatkan sudut deviasi minimum yang paling cepat dan tepat dengan berbantuan komputer melalui program Maple. Dengan plot persamaan, dengan memperhatikan batas minimum maksimum dan sudut dinyatakan dalam radian, akan dihasilkan grafik yang menunjukkan nilai sudut deviasi minimum.

Perlu diteliti lebih lanjut untuk berbagai sudut pembias dan indeks bias prisma. Penelitian ini, baru membahas indeks bias prisma yang berbeda. Selain itu, perlu dihitung secara lebih rinci dalam menentukan sudut deviasi dari persamaan yang berlaku dengan komputasi aljabar.

DAFTAR PUSTAKA

- Halliday. 2011. *Principles of Physics* Extended 9th Ed. US: John Wiley & Sons, Inc.
- Sarojo, G.A. 2011. *Gelombang dan Optika*, Jakarta: Salemba Teknika.
- Young & Freedman. 1996. *University Physics* 9th Ed. Addison Wesley.