

RANCANG BANGUN ALAT PENENTU PANJANG FOKUS PADA LENS BIKONVEKS MENGUNAKAN SENSOR TEMT6000 DAN MOTOR STEPPER

¹⁾Moh. Ahsanit Taqvim, ²⁾Imam Sucahyo dan ³⁾Meta Yantidewi

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Surabaya 60231, Indonesia

¹⁾ahsanit.17030224024@mhs.unesa.ac.id, ²⁾imamsucahyo@unesa.ac.id, ³⁾metayantidewi@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks secara otomatis. Dengan menerapkan sifat lensa bikonveks dimana berkas-berkas sinar yang paralel terhadap sumbu lensa akan dibiaskan dan berpotongan pada titik fokus. Titik fokus lensa ditentukan menggunakan sensor TEMT6000 dan panjang fokusnya diukur menggunakan motor stepper. Sinar dari dua buah laser dioda yang dipasang sejajar terhadap sumbu lensa akan berpotongan pada titik fokus sehingga intensitas di titik tersebut akan maksimum. Sensor TEMT6000 yang terhubung dengan motor stepper bergerak linier sesumbu dengan sumbu lensa dan berhenti pada titik fokus lensa karena hasil pembacaan sensor bernilai maksimum pada titik tersebut. Mikrokontroler akan menghitung jarak yang ditempuh sensor dan menampilkannya pada *display* sebagai panjang fokus lensa. Instrumen ini akan diujicobakan pada tiga buah lensa yang memiliki spesifikasi panjang fokus 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, panjang fokus hasil pengukuran secara otomatis adalah: 103,8 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 100 mm dengan tingkat kesalahan 3,8%, 153,1 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 150 mm dengan tingkat kesalahan 2,1%, 203,2 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 200 mm dengan tingkat kesalahan 1,6%, 253,2 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 250 mm dengan tingkat kesalahan 1,3%, 303,5 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 300 mm dengan tingkat kesalahan 1,1%. Penyebab terjadinya penyimpangan titik fokus adalah berkas sinar yang berasal dari laser tidak sejajar dengan sumbu lensa dikarenakan terjadi penyimpangan sudut tembak laser.

Kata Kunci: panjang fokus lensa bikonveks, sensor TEMT6000, motor stepper

Abstract

This study aims to design an automatic instrument for measuring the focal length of biconvex lens. By applying the property of a biconvex lens, the rays parallel to the axis of the lens will be refracted and intersect at the focal point. The focal point of the lens was determined using a TEMT6000 sensor and the focal length measured using a stepper motor. The rays from the two laser diodes that were placed parallel to the lens axis would intersect at the focal point so that the intensity at that point would be maximum. TEMT6000 sensor which is connected to the stepper motor moves linearly about the lens axis and stops at the focal point of the lens because the sensor reading is maximum at that point. Microcontroller would calculate the distance travelled by the sensor and show it on the display as the focal length of the lens. The instrument would be tested on five lenses that have focal length specifications of 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm and 300 mm. Based on the research which has been done, focal length of the automatic measurement results is: 103,8 mm for the lens with the specification of focal length 100 mm and the error was 3,8%, 153,1 mm for the lens with the specification of focal length 150 mm and the error percentage is 2,1%, 203,2 mm for the lens with the specification of focal length 200 mm and the error percentage was 1,6%, 253,2 mm for the lens with the specification of focal length 250 mm and the error percentage was 1,3%, 303,5 mm for the lens with the specification of focal length 300 mm and the error percentage was 1,1%. The cause of focal point deviation is, ray from the laser was not parallel to the lens axis due to laser beam angle deviation.

Keywords: focal length of biconvex lens, TEMT6000 sensor, stepper motor

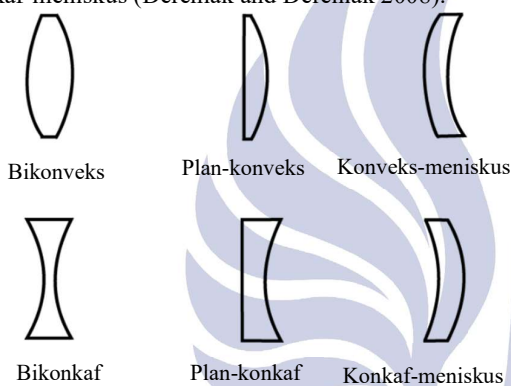
PENDAHULUAN

Mata manusia merupakan alat indera terpenting yang berguna sebagai alat optik. Cahaya yang masuk ke mata akan diterima oleh retina dan difokuskan pada permukaan retina sehingga mata dapat melihat benda. Jarak antara lensa mata dan retina adalah tetap sehingga saat melihat

suatu benda pada jarak tertentu, kelengkungan lensa mata disesuaikan. Lensa merupakan benda transparan yang dibatasi oleh dua atau lebih permukaan bidang bias, saat sinar mengenai permukaan lensa, sinar tersebut akan membiaskan sehingga terjadi perubahan arah (Giancoli 2001). Pembiasan sendiri adalah pembengkokan berkas-berkas

cahaya saat melewati batas dua medium, pembiasan disebabkan oleh perubahan kecepatan yang dialami oleh gelombang cahaya ketika memasuki medium yang berbeda kerapatannya. Kerapatan molekul medium yang dilalui cahaya memengaruhi kecepatannya. Misalnya saja pada kaca, cahaya akan bergerak lebih lambat daripada ketika cahaya bergerak di udara yang memiliki kerapatan yang lebih rendah (Dereniak and Dereniak 2008). Perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dengan dengan kecepatan cahaya di medium lain disebut sebagai indeks bias (Steven 2013).

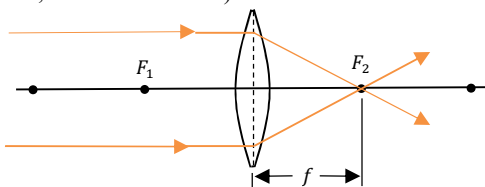
Lensa dapat memiliki beberapa bentuk penampang, tergantung dari fungsi atau kegunaannya. Penampang permukaan lensa dapat berbentuk konveks, konkaf atau datar. Ada enam bentuk umum lensa: bikonveks, plan-konveks, koveks-meniskus, bikonkaf, plan-konkaf, konkaf-meniskus (Dereniak and Dereniak 2008).



Gambar 1. Bentuk-bentuk lensa (Dereniak and Dereniak 2008).

Lensa dengan penampang melengkung memiliki jari-jari kelengkungan (R) tertentu, dengan pusat kelengkungan berada pada sumbu lensa. Sumbu lensa merupakan garis sumbu yang membentang lurus melalui pusat lensa dan tegak lurus terhadap kedua penampang lensa (Serway and Jewett 2008).

Berkas-berkas cahaya yang paralel dengan sumbu lensa dan melalui penampang lensa, akan difokuskan pada satu titik yaitu titik fokus lensa (Giancoli 2001). Titik fokus lensa dapat dicari dengan menentukan bayangan tajam yang terbentuk oleh berkas-berkas sinar datang. Jarak dari titik fokus ke pusat disebut jarak fokus (f) (Halliday, Resnick, and Walker 2013).



Gambar 2. Berkas cahaya paralel akan difokuskan pada titik fokus (Halliday, Resnick, and Walker 2013).

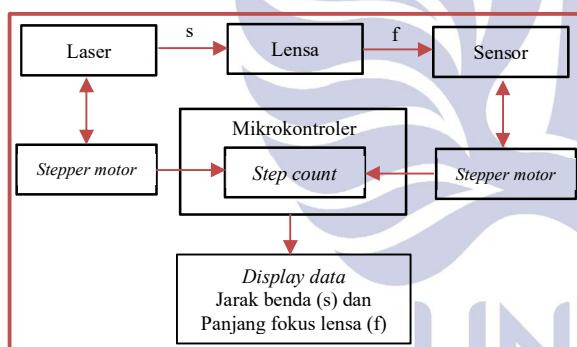
Letak titik fokus lensa atau jarak fokus lensa dapat diketahui dengan menggunakan metode tertentu (Lu and Cai 2019). Terdapat beberapa metode untuk mengukur panjang fokus lensa seperti metode *nodal slide* dan perbesaran bayangan, metode tersebut relatif mudah dilakukan namun sulit untuk mendapatkan akurasi tinggi yang berkaitan dengan subjektivitas pengukuran (Kingslake 2012). Instrumen pengukuran fokus lensa sebelumnya telah dibuat oleh Gunadi, Gernowo dan Adi, (2015). Dalam penelitiannya mereka menggunakan motor langkah untuk menghitung jarak fokus lensa, dengan obyek berupa cahaya lampu dan sensor LDR sebagai sensor tegangan. Dengan menggunakan sensor LDR, fokus lensa didapatkan ketika tegangan hasil pembacaan sensor maksimum. Kekurangan dari sensor LDR adalah waktu responnya yang lambat (Gunadi, Gernowo, and Adi 2015).

Posisi obyek terhadap lensa dan jenis obyek yang digunakan sebagai sumber cahaya menentukan bentuk lintasan dan citra bayangan yang tertangkap oleh layar. Dengan menggunakan sumber cahaya yang koheren, lintasan berkas cahaya dapat diatur agar paralel dengan sumbu utama. Sumber cahaya yang dapat menghasilkan berkas sinar bersifat koheren adalah laser (Silfvast 2004). Berkas-berkas sinar yang melalui lensa akan berpotongan di titik fokus lensa, untuk mendeteksi letak perpotongan tersebut diperlukan sensor cahaya dengan bidang tangkap dan sudut tangkap yang sempit agar didapatkan titik yang tepat. Salah satu jenis sensor yang memenuhi kriteria tersebut adalah sensor fototransistor TEMT6000, sensor ini memiliki luas permukaan tangkap $2,45 \times 2,00$ mm dengan sudut tangkap 60° (Vishay Semiconductors 2011). Maulana, Triwiyanti dan Dian, (2015) memanfaatkan sensor TEMT6000 sebagai *Luxmeter* dengan hasil pembacaan optimum pada tegangan keluaran 4 V sampai 5 V. Sensor TEMT6000 memiliki waktu respon 15ms (Gökrem, Durgun, and Durgun 2019).

Jarak antara dua titik secara konvensional dapat diukur menggunakan alat ukur panjang seperti mistar. Pengukuran jarak dapat juga dilakukan dengan aktuator seperti motor stepper. Motor stepper merupakan motor dc *brushless* dengan rotor yang berputar secara diskret sesuai perubahan sudut atau langkah (Athani 1997). Langkah dari motor stepper ini dijadikan sebagai acuan untuk menghitung jarak fokus lensa. Berdasarkan Penelitian sebelumnya oleh Gunadi, Gernowo dan Adi yang menggunakan sensor LDR untuk menentukan titik fokus lensa bikonveks. Penulis merancang instrumen yang dapat menentukan titik fokus lensa bikonveks dengan sensor TEMT600 dan menghitung jarak fokus lensa dengan motor stepper.

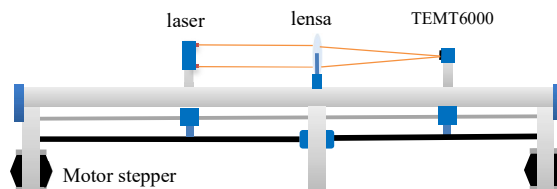
METODE

Penelitian ini bertujuan untuk merancang instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks secara otomatis. Instrumen ini dibuat dengan menerapkan sifat lensa bikonveks dimana berkas-berkas sinar yang paralel terhadap sumbu lensa akan dibiaskan dan berpotongan pada titik fokus (Serway and Jewett 2008), dengan demikian intensitas cahaya pada titik tersebut akan maksimum. Berdasarkan sifat tersebut, titik fokus lensa dapat diketahui dengan memanfaatkan sensor intensitas cahaya. Prinsip instrumen ini menerapkan pendekatan untuk lensa tipis, dimana ketebalan lensa bernilai jauh lebih kecil dibandingkan jari-jari kelengkungan lensa sehingga nilainya dapat diabaikan. Instrumen ini menggunakan laser dioda sebagai sumber sinar dan sensor TEMT6000 untuk mengukur intensitasnya. Sinar dari dua buah laser dioda yang dipasang sejajar akan dibiaskan oleh lensa menuju titik fokusnya, dua berkas sinar yang berpotongan tersebut akan menghasilkan intensitas cahaya maksimum. Fototransistor bergerak linier sesumbu dengan sumbu lensa untuk mengukur besarnya intensitas di tiap titik di belakang lensa secara kontinu. Skema kerja instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks secara otomatis digambarkan melalui diagram blok pada Gambar 3 berikut



Gambar 3. Diagram blok percobaan pengukuran panjang fokus lensa (f) (Dokumen pribadi).

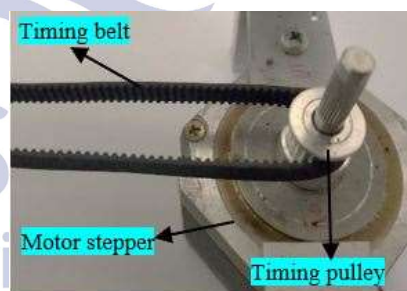
Terdapat dua bagian utama dalam instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks secara otomatis ini, yaitu: perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi bagian mekanik dan bagian elektrik yang menjadi bentuk fisik instrumen seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Sedangkan perangkat lunak merupakan algoritma untuk menjalankan perangkat keras yang dikemas dalam bahasa pemrograman dimana pada penelitian ini menggunakan bahasa C arduino.



Gambar 4. Rancangan instrumen pengukuran jarak fokus lensa bikonveks (Dokumen pribadi).

Instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks menggunakan mikrokontroler arduino nano. Mikrokontroler berfungsi untuk mengontrol motor stepper melalui *driver* sekaligus menerima input dari sensor dan tombol perintah. Input perintah ini menentukan kondisi motor stepper, berputar atau berhenti, sekaligus mengatur arah putarannya.

Motor stepper yang digunakan pada instrumen ini adalah jenis Nema 23 dengan langkah sudut 1.8° , maka perlu 200 langkah untuk berputar satu putaran penuh 360° . Motor stepper dihubungkan dengan *timing pulley* GT2 20T yang memiliki 20 gerigi. *Timing pulley* akan berputar sesuai dengan putaran motor stepper. Putaran motor stepper akan diteruskan oleh *timing pulley* ke *timing belt* GT2 untuk mengubah gerak rotasi menjadi translasi. *Timing belt* akan menggerakkan laser dan sensor secara translasional. Kombinasi *pulley* dan *timing belt* GT2 akan mengubah rotasi tiap gigi menjadi perpindahan posisi laser dan sensor sejauh 2 mm. Untuk memutar satu gigi *timing pulley* memerlukan 10 langkah motor stepper atau 5 langkah untuk perpindahan 1 mm.

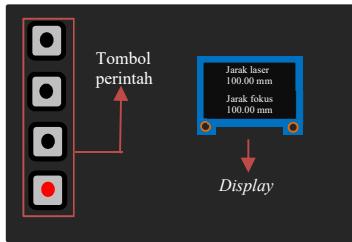


Gambar 5. Konfigurasi motor stepper, *timing pulley* dan *timing belt* (Dokumen pribadi).

Variabel manipulasi pada penelitian ini adalah spesifikasi panjang fokus lensa dan jarak sumber cahaya (diukur dari lensa ke sumber cahaya). Variabel respon berupa panjang fokus lensa bikonveks hasil pengukuran secara otomatis. Variabel kontrolnya adalah jenis sumber cahaya yang digunakan yaitu laser.

Sebanyak lima buah lensa akan diukur jarak fokusnya menggunakan instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks secara otomatis ini. Kelima lensa tersebut memiliki spesifikasi panjang fokus 100 mm, 150 mm, 200

mm, 250 mm dan 300 mm. Untuk melakukan pengukuran menggunakan instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks, pertama, meletakkan lensa pada pengunci yang terletak di antara laser dan sensor. Selanjutnya melakukan kalibrasi jarak laser dan sensor serta mengatur jarak laser, jarak laser dapat diatur menggunakan tombol perintah. Setelah menentukan jarak laser, pengukuran dapat dilakukan dengan menekan tombol mulai sehingga sensor akan bergerak dan berhenti pada titik fokus lensa. Jarak yang terukur akan ditampilkan pada *display* seperti pada Gambar 6



Gambar 6. Control box (Dokumen pribadi).

Sebagai pembanding dilakukan pengukuran jarak fokus secara manual. Pengukuran manual dilakukan dengan menaruh layar dibelakang lensa dan mengamati berkas sinar yang tampak di layar, setelah diketahui titik fokusnya, kemudian mengukur jarak layar ke lensa. Masing-masing metode pengukuran dilakukan secara berulang dengan memanipulasi jarak laser dari lensa. Data hasil pengukuran manual akan dibandingkan dengan hasil pengukuran secara otomatis dalam bentuk tabulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skala terkecil pengukuran panjang menggunakan motor stepper pada instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks adalah 1 mm. untuk menguji akurasi pengukuran panjang menggunakan motor stepper, hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran panjang menggunakan mistar. Mistar memiliki skala terkecil 1 mm dan ketelitian ± 0,5 mm. Data pengukuran tersebut tersaji pada Tabel 1.

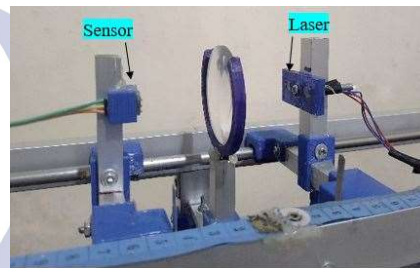
Tabel 1. Hasil pengukuran panjang menggunakan metor stepper dan mistar.

No.	Pengukuran dengan motor stepper (mm)	Pengukuran dengan mistar (mm)
1.	10,0	10,0
2.	20,0	20,0
3.	30,0	30,0
4.	40,0	40,0
5.	50,0	50,0
6.	60,0	60,0
7.	70,0	70,0
8.	80,0	80,0

9.	90,0	90,0
10.	100,0	100,0

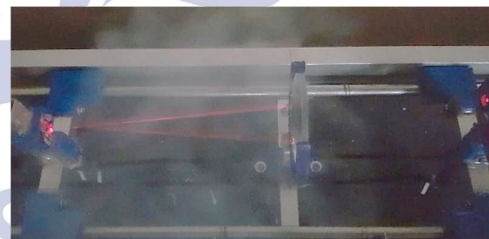
Nilai panjang yang didapatkan sama dikarenakan langkah motor stepper yang bersifat diskrit dan tetap serta tidak ada faktor kesalahan eksternal seperti *loss* pada *timing belt*.

Kalibrasi posisi laser dan sensor dilakukan sebelum pengambilan data untuk memastikan jarak laser dan sensor terhadap lensa yang terbaca di *display* sesuai dengan jarak yang diukur menggunakan mistar. Posisi laser dan sensor setelah kalibrasi diatur menjadi 50 mm dari lensa yang ditunjukkan pada Gambar 7. Posisi laser dan lensa tersebut akan menjadi acuan untuk perubahan posisi selanjutnya.



Gambar 7. Posisi laser dan sensor setelah kalibrasi (Dokumen pribadi).

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, seperti yang ditunjukkan Gambar 8, diperoleh data untuk masing-masing lensa bikonveks.



Gambar 8. Pengambilan data percobaan (Dokumen pribadi).

Tabel 2 menunjukkan data hasil percobaan pengukuran panjang fokus lensa bikonveks secara otomatis menggunakan sensor TEMT6000 dan motor stepper serta data hasil percobaan pengukuran pamjang fokus secara manual pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus (f) 100 mm.

Tabel 2. Data pengukuran panjang fokus pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 100 mm

No.	Jarak laser (mm)	f pengukuran otomatis (mm)	f pengukuran manual (mm)
1.	60,0	103,0	103,0
2.	100,0	103,0	103,0
3.	140,0	103,0	103,0
4.	180,0	103,0	104,0

5.	220,0	104,0	104,0
6.	260,0	104,0	104,0
7.	300,0	104,0	104,0
8.	340,0	104,0	105,0
9.	380,0	105,0	105,0
10.	420,0	105,0	105,0
Rata-rata		103,8	104,0

Tabel 3 menunjukkan data hasil percobaan pengukuran panjang fokus lensa bikonveks menggunakan sensor TEMT6000 dan motor stepper serta data hasil percobaan pengukuran panjang fokus secara manual pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus (f) 150 mm.

Tabel 3. Data pengukuran panjang fokus pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 150 mm

No.	Jarak laser (mm)	f pengukuran otomatis (mm)	f pengukuran manual (mm)
1.	60,0	152,0	152,0
2.	100,0	152,0	152,0
3.	140,0	152,0	152,0
4.	180,0	152,0	153,0
5.	220,0	153,0	153,0
6.	260,0	153,0	153,0
7.	300,0	154,0	153,0
8.	340,0	154,0	154,0
9.	380,0	154,0	155,0
10.	420,0	155,0	155,0
Rata-rata		153,1	153,2

Tabel 4 menunjukkan data hasil percobaan pengukuran panjang fokus lensa bikonveks menggunakan sensor TEMT6000 dan motor stepper serta data hasil percobaan pengukuran panjang fokus secara manual pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus (f) 200 mm.

Tabel 4. Data pengukuran panjang fokus pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 200 mm.

No.	Jarak laser (mm)	f pengukuran otomatis (mm)	f pengukuran manual (mm)
1.	60,0	202,0	202,0
2.	100,0	202,0	203,0
3.	140,0	202,0	203,0
4.	180,0	202,0	203,0
5.	220,0	203,0	203,0
6.	260,0	203,0	203,0
7.	300,0	204,0	204,0
8.	340,0	204,0	204,0
9.	380,0	205,0	205,0
10.	420,0	205,0	206,0
Rata-rata		203,2	203,6

Tabel 5 menunjukkan data hasil percobaan pengukuran panjang fokus lensa bikonveks menggunakan sensor TEMT6000 dan motor stepper serta data hasil percobaan pengukuran panjang fokus secara manual pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus (f) 250 mm.

Tabel 5. Data pengukuran panjang fokus pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 250 mm.

No.	Jarak laser (mm)	f pengukuran otomatis (mm)	f pengukuran manual (mm)
1.	60,0	252,0	252,0
2.	100,0	252,0	252,0
3.	140,0	252,0	253,0
4.	180,0	253,0	253,0
5.	220,0	253,0	253,0
6.	260,0	253,0	254,0
7.	300,0	253,0	254,0
8.	340,0	254,0	255,0
9.	380,0	255,0	255,0
10.	420,0	255,0	256,0
Rata-rata		253,2	253,7

Tabel 6 menunjukkan data hasil percobaan pengukuran panjang fokus lensa bikonveks menggunakan sensor TEMT6000 dan motor stepper serta data hasil percobaan pengukuran panjang fokus secara manual pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus (f) 300 mm.

Tabel 6. Data pengukuran panjang fokus pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 300 mm.

No.	Jarak laser (mm)	f pengukuran otomatis (mm)	f pengukuran manual (mm)
1.	60,0	302,0	302,0
2.	100,0	302,0	302,0
3.	140,0	303,0	303,0
4.	180,0	303,0	303,0
5.	220,0	303,0	303,0
6.	260,0	304,0	304,0
7.	300,0	304,0	304,0
8.	340,0	304,0	305,0
9.	380,0	305,0	305,0
10.	420,0	305,0	306,0
Rata-rata		303,5	303,7

Pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 100 mm diperoleh nilai rata-rata panjang fokus lensa sebesar 103,8 mm untuk pengukuran otomatis dan 104,0 mm untuk pengukuran manual, dengan tingkat kesalahan untuk pengukuran secara otomatis sebesar 3,8%. Pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 150 mm diperoleh nilai rata-rata panjang fokus lensa sebesar 153,1 mm untuk pengukuran otomatis dan 153,2 mm untuk

pengukuran manual dengan tingkat kesalahan untuk pengukuran secara otomatis sebesar 2,1%. Pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 200 mm diperoleh nilai rata-rata panjang fokus lensa sebesar 203,2 mm untuk pengukuran otomatis dan 203,6 mm untuk pengukuran manual dengan tingkat kesalahan untuk pengukuran secara otomatis sebesar 1,6%. Pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 250 mm diperoleh nilai rata-rata panjang fokus lensa sebesar 253,2 mm untuk pengukuran otomatis dan 253,7 mm untuk pengukuran manual dengan tingkat kesalahan untuk pengukuran secara otomatis sebesar 1,3%. Pada lensa bikonveks dengan spesifikasi panjang fokus 300 mm diperoleh nilai rata-rata panjang fokus lensa sebesar 303,5 mm untuk pengukuran otomatis dan 303,7 mm untuk pengukuran manual dengan tingkat kesalahan untuk pengukuran secara otomatis sebesar 1,1%.

Data dari kelima lensa di atas menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan antara panjang fokus hasil pengukuran dengan panjang fokus pada spesifikasi lensa. Lensa yang digunakan memiliki spesifikasi panjang fokus 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Terjadi pergeseran posisi titik fokus lensa untuk tiap pertambahan jarak laser, dengan penyimpangan terbesar sejauh 5 mm. Pergeseran terbesar terjadi ketika jarak laser 420 mm. Akurasi hasil pengukuran berkurang untuk jarak laser yang semakin jauh.

Penyebab terjadinya penyimpangan titik fokus adalah, berkas sinar yang berasal dari laser tidak sejajar dengan sumbu lensa dikarenakan terjadi penyimpangan sudut tembak laser. Ketika jarak laser semakin jauh maka jarak antara dua berkas sinar yang mengenai lensa akan semakin melebar, akibatnya kedua berkas sinar tidak berpotongan tepat pada titik fokus lensa. Kesulitan teknis untuk membuat kedua laser sejajar terhadap sumbu lensa berimbas pada akurasi penentuan titik fokus lensa.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini menerapkan sifat lensa bikonveks dimana berkas-berkas sinar yang paralel terhadap sumbu lensa akan dibiaskan dan berpotongan pada titik fokus. Titik fokus lensa ditentukan menggunakan sensor TEMT600 dan panjang fokusnya diukur menggunakan motor stepper. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh hasil, panjang fokus hasil pengukuran secara otomatis adalah 103,8 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 100 mm dengan tingkat kesalahan 3,8%, 153,1 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 150 mm dengan tingkat kesalahan 2,1%, 203,2 mm untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 200 mm dengan tingkat kesalahan 1,6%, 253,2 untuk lensa berspesifikasi panjang

fokus 250 mm dengan tingkat kesalahan 1,3%, 303,5 untuk lensa berspesifikasi panjang fokus 300 mm dengan tingkat kesalahan 1,1%. Penyebab terjadinya penyimpangan titik fokus adalah berkas sinar yang berasal dari laser tidak sejajar dengan sumbu lensa dikarenakan terjadi penyimpangan sudut tembak laser. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi opsi sebagai instrumen pengukuran panjang fokus lensa bikonveks dalam skala laboratorium.

Saran

Dengan mempertimbangkan faktor kesulitan teknis yang ditemui pada saat pengujian instrumen, penulis memberikan saran untuk menggunakan laser dengan tingkat kepresisian yang lebih tinggi. Laser dioda yang digunakan pada penelitian ini memiliki kelemahan pada bagian *build quality* sehingga menimbulkan kesulitan bagi peneliti untuk mengkondisikan sinar agar sejajar dengan sumbu utama lensa.

DAFTAR PUSTAKA

- Athani, V V. 1997. *Stepper Motors : Fundamentals, Applications And Design*. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Dereniak, E L, and T D Dereniak. 2008. *Geometrical and Trigonometric Optics*. New York: Cambridge University Press.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Gökrem, Levent, Mahmut Durgun, and Yeliz Durgun. 2019. "Indoor Location Control with Visible Light Communication." In *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*, 314–16. IEEE.
- Gunadi, Isnain, Rahmat Gernowo, and Kusworo Adi. 2015. "Pembuatan Sistem Kendali Posisi Autofokus Eksperimen Lensa Dengan Motor Langkah." *Berkala Fisika* 18 (4): 143–50.
- Halliday, David, Robert Resnick, and Jearl Walker. 2013. *Fundamentals of Physics*. John Wiley & Sons.
- Kingslake, Rudolf. 2012. *Applied Optics and Optical Engineering*. Vol. 1. Elsevier.
- Lu, Zhangji, and Lilong Cai. 2019. "Paraxial Focal Length Measurement Method with a Simple Apparatus." *Optics Express* 27 (3): 2044–55. <https://doi.org/10.1364/OE.27.002044>.
- Serway, Raymond A, and John W Jewett. 2008. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. 6th ed. Jakarta: Salemba Teknik.
- Silfvast, W T. 2004. *Laser Fundamentals*. Cambridge University Press.
- Steven, H. Schwartz. 2013. *Geometrical and Visual Optics*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Vishay Semiconductors. 2011. "Temt6000." *Datasheet*. Vol. 1.9.