

## **PEMBUATAN SISTEM KENDALI POSISI AUTOFOKUS EKSPERIMEN LENSA DENGAN MOTOR LANGKAH**

*Isnain Gunadi, Rahmat Gernowo dan Kusworo Adi*

*Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*\*Korespondensi penulis, Email: gunadinung@gmail.com*

### **Abstract**

*The automatic lens experiment with stepper motor position control has been made. Main component of this device are stepper motor which move the lens and screen. Microcontroller is contains the programs of motor movement controller. The screen contain of Light Dependent Resistor (LDR) as voltage sensor. This image will focused when the voltage in the screen is maximum. The result of test show that the automatic measurement is more accurate than manual measurement.*

**Keywords:** *Auto-Fokus, LDR, IPMC, LSW, EAPs, VCM*

### **Abstrak**

*Telah dibuat alat eksperimen lensa secara otomatis dengan kendali posisi menggunakan motor langkah. Komponen utama alat ini adalah motor langkah yang menggerakkan lensa dan layar. Mikrokontroler berisi program untuk mengendalikan pergerakan motor dan layar yang dilengkapi LDR (Light Dependent Resistor) sebagai sensor tegangan. Fokus diperoleh saat tegangan pada layar mencapai maksimum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak titik fokus pada pengukuran secara otomatis mempunyai akurasi lebih tinggi dibanding dengan pengukuran secara manual.*

**Kata kunci:** *Auto-Fokus, LDR, IPMC, LSW, EAPs, VCM*

### **Pendahuluan**

Lensa merupakan salah satu benda optik yang berupa benda bening yang salah satu atau kedua sisinya berbentuk bidang lengkung. Lensa banyak digunakan dalam berbagai peralatan dan keperluan sehari-hari. Pemahaman tentang proses pencahayaan pada lensa bisa diperoleh melalui eksperimen tentang lensa. Eksperimen tersebut memberikan gambaran tentang teori optik khususnya tentang lensa. Kebanyakan eksperimen yang menggunakan lensa masih bersifat manual, sehingga kesalahan yang ditimbulkan akibat pengukuran masih tinggi.

Tujuan dari eksperimen lensa adalah untuk mengetahui jarak fokus ( $f$ ) sebuah lensa. Salah satu tahapan penting dalam eksperimen ini adalah pengukuran jarak benda dan jarak bayangan terhadap lensa. Jarak benda adalah jarak antara

obyek dan lensa, sedangkan jarak bayangan adalah jarak antara lensa dan bayangan fokus yang jatuh pada layar.

Permasalahan yang sering timbul dalam eksperimen secara manual adalah kesalahan pengukuran, baik pada pengukuran jarak benda maupun jarak bayangan. Selain itu penentuan letak bayangan yang telah terfokus yang berakibat pada kesalahan hasil perhitungan jarak fokus lensa. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu adanya sebuah sistem eksperimen yang dapat mengendalikan posisi obyek dan posisi layar sehingga layar akan berhenti jika bayangan yang terbentuk sudah terfokus. Salah satunya adalah sistem pengendalian posisi bayangan terfokus menggunakan motor langkah.

Kim mengembangkan sistem autofokus lensa pada telepon seluler dengan *Ionic Polymer Metal Composite*

(IPMC) sebagai aktuator dengan metode *Proporsional Integral Diferensial* (PID) menggantikan aktuator yang sebelumnya menggunakan *Voice Coil Motor* (VCM) [1]. Pada metode ini parameter diestimasi dengan *Offline Least Square Parameter Methods*, yaitu aktuator lensa diasumsikan sebagai sistem linier yang direpresentasikan sebagai sistem pergas massa teredam (*mass spring damper system*). Dengan metode ini diperoleh untuk pergeseran maksimum lensa arah vertikal sebesar 160  $\mu\text{m}$  dan total waktu untuk mencapai fokus kurang dari 1 detik.

Pada penelitian yang lain Kim menampilkan IPMC untuk menggantikan VCM untuk penggerak lensa pada telepon seluler, tetapi dilakukan dengan mengadopsi *electroactive polymer* (EAPs) sebagai pengganti VCM. Hasilnya adalah bahwa IPMC dapat diterapkan dalam telepon seluler dengan konsumsi daya yang lebih sedikit. Disamping itu modul kamera juga dapat mengontrol posisi lensa dengan metode PID dengan sebuah *Photo Reflection Position Sensor*.

Abdullah meneliti sistem lensa *Liquid Filled Diaphragm* (LFD) berdasar pada intensitas pixel bayangan yang tertangkap. Dari hasil analisis diperoleh bahwa semakin kecil *Edge Slope Width* (ESW) maka bayangan yang terbentuk akan semakin fokus [2].

Teknologi Auto fokus juga telah dikembangkan oleh Gutierrez dalam bentuk miniatur [3]. Penelitian ini meliputi gerakan lensa, modifikasi lensa serta pengembangan jangkauan pergeseran lensa yang lebih jauh. Instrumen pergerakan lensa meliputi motor langkah, VCM dan *Microelectro Mechanical Motor Stepper* (MEMS). Modifikasi lensa meliputi cairan lensa dan solid state electro optical devices. Dari penelitian ini didapatkan bahwa presisi posisi dan pengaturan gerakan lensa sangat penting untuk mendapatkan kualitas bayangan yang bagus, dan bentuk lensa serta indek

bias merupakan kunci utama untuk mendapatkan bayangan yang bagus.

### Metode Penelitian

Tahapan Penelitian dilakukan dengan pengukuran pendahuluan, berupa pengukuran titik fokus lensa secara konvensional, yaitu dengan meletakkan benda di depan lensa kemudian menggeser geser layar untuk mendapatkan bayangan yang paling tajam.

Pengukuran secara konvensional dilakukan untuk memberikan gambaran kasar tentang besarnya fokus lensa yang akan digunakan untuk menentukan jangkau (*range*) yang akan dipasang pada percobaan secara otomatis. Selain itu juga digunakan untuk membandingkan hasil percobaan konvensional dengan hasil percobaan yang dilakukan secara otomatis.

Pengukuran secara konvensional dilakukan dengan menyusun rangkaian percobaan lensa, yaitu dengan cara menempatkan lensa cembung diantara obyek dan bayangan. Obyek berupa cahaya lampu yang diarahkan menuju lensa di mana posisi lensa tetap. Selanjutnya layar ditempatkan di belakang lensa untuk menangkap bayangan.

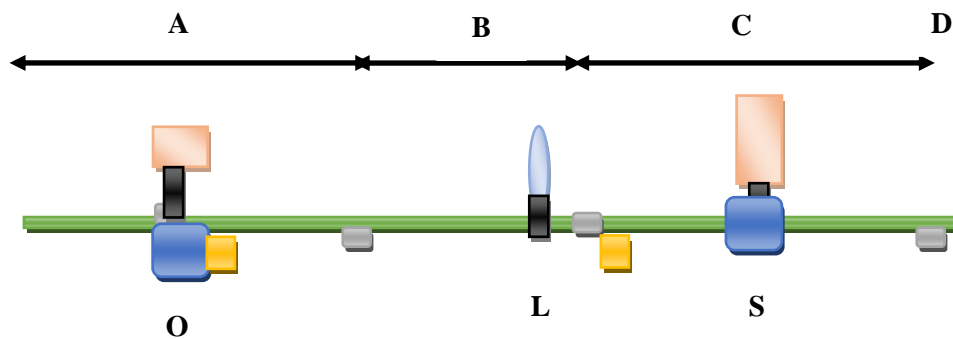
Pengukuran fokus lensa dilakukan dengan menentukan jarak obyek secara berurutan dalam jangkau 19 cm sampai 29 cm sesuai dengan karakteristik alat yang telah dibuat dengan variasi jarak sebesar 1 cm. Percobaan ini dilakukan berulang ulang untuk tiap jenis lensa. Pada percobaan ini digunakan 3 jenis lensa dengan hasil seperti pada 1 dan tabel 2.

Tabel 1, Pengukuran konvensional

No	Jarak obyek ( cm )	Jarak layar ( cm )	Jarak fokus ( cm )
1.	18.9±0.05	22.9±0.9	10.4±0.18
2.	20.0±0.05	21.6±0.7	10.4±0.16
3.	21.0±0.05	20.5±0.9	10.4±0.23
4.	22.0±0.05	19.7±0.7	10.4±0.20
5.	23.0±0.05	19.1±0.7	10.4±0.19
6.	23.0±0.05	18.6±0.5	10.4±0.15
7.	25.0±0.05	17.7±0.4	10.3±0.14
8.	26.0±0.05	17.1±0.3	10.3±0.11
9.	27.0±0.05	16.8±0.8	10.3±0.30
10.	28.0±0.05	16.4±0.5	10.3±0.21
11.	29.0±0.05	16.2±0.6	10.4±0.25

Tabel 2, Pengukuran otomatis

No	Jarak obyek ( cm )	Jarak layar ( cm )	Jarak fokus ( cm )
1.	19.0±0.05	22.9±0.05	10.4±0.02
2.	20.0±0.05	21.7±0.05	10.4±0.02
3.	21.0±0.05	20.6±0.05	10.4±0.02
4.	22.0±0.05	19.7±0.05	10.4±0.02
5.	22.9±0.05	19.1±0.05	10.4±0.02
6.	24.0±0.05	18.4±0.05	10.4±0.02
7.	24.9±0.05	17.6±0.05	10.4±0.02
8.	26.0±0.05	17.3±0.05	10.4±0.02
9.	26.9±0.05	17.0±0.05	10.4±0.02
10.	28.0±0.05	16.5±0.05	10.3±0.02
11.	29.0±0.05	16.2±0.05	10.4±0.02



Gambar 1. Skema pengukuran konvensional

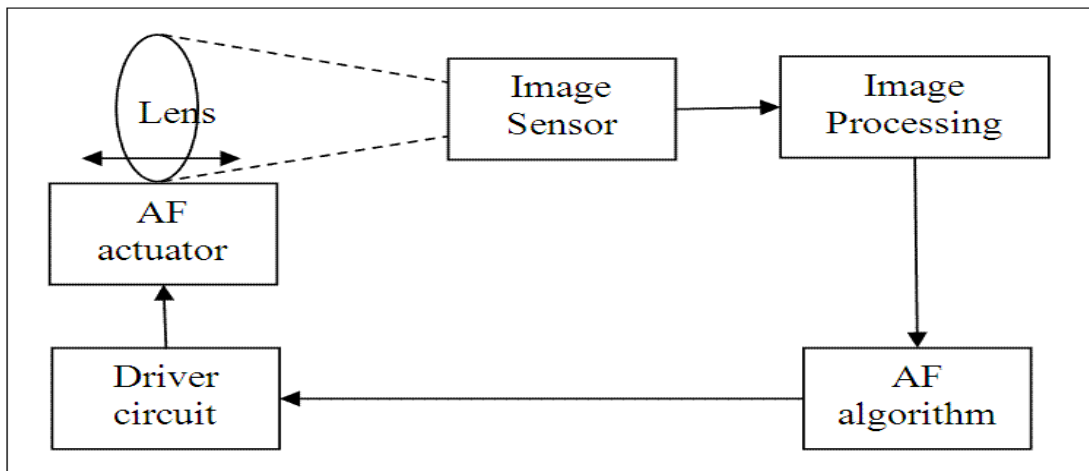
**Penghitungan fokus lensa**

Setelah diperoleh hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan penghitungan fokus lensa terhadap data yang telah diperoleh. Penghitungan fokus dilakukan dengan menggunakan rumus

$$F = \frac{S \cdot S'}{S + S'}$$

Setelah diperoleh hasil pada pengukuran konvensional, selanjutnya dilakukan perancangan pengukuran secara

otomatis dengan memperhatikan tujuan dan fungsi dari masing masing bagian dari alat yang akan dibuat, yaitu untuk menggerakkan layar penangkap bayangan yang akan bergerak secara otomatis dan berhenti pada saat bayangan telah mencapai intensitas maksimum. Adapun skema dari eksperien secara otomatis seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Pengukuran Otomatis

Cahaya lampu sebagai obyek diarahkan ke lensa sehingga terbentuk bayangan yang ditangkap oleh layar. Selain berfungsi sebagai penangkap bayangan, layar juga merupakan sensor bayangan karena terpasang Light Dependent Resistor ( LDR ). Data yang diterima oleh LDR selanjutnya diolah oleh mikro kontroller dan disimpan sebagai data digital.

Masukan berupa jarak obyek dilakukan dengan menuliskannya melalui keypad yang tercatat sebagai data input. Keypad sebagai masukan, mikrokontroler sebagai pengendali dan motor langkah sebagai penggerak yang berfungsi menggerakkan layar dan sumber cahaya. Kendali posisi eksperimen lensa didapatkan variabel jarak untuk menentukan hasil fokus lensa pada perhitungan, yaitu jarak antara sumber cahaya dengan lensa sebagai jarak benda dan jarak layar dengan lensa menjadi jarak bayangan.. Mikrokontroler merubah data menjadi paralel sebagai masukan yang dikirim ke penggerak motor langkah 1. Gerakan motor langkah 1 akan berhenti pada posisi yang sesuai dengan perintah dari keypad. Motor langkah akan bergerak ke kanan ataupun ke kiri sesuai dengan data perintah yang dikirimkan dari keypad.

Setelah merekam data input selanjutnya processor akan memerintahkan motor driver 2 untuk menggerakkan layar menuju titik terjauh dari lensa dan bergerak menuju titik terdekat dari lensa dengan mencatat semua data pada tiap tiap posisi.. Setelah semua data dari LDR terekam selanjutnya processor memproses data dengan auto fokus algoritma untuk memilih data yang terbesar nilainya yang selanjutnya memerintahkan motor driver untuk bergerak menuju posisi dimana data nilai data terbesar diperoleh dan berhenti pada posisi tersebut.

Percobaan serupa dilakukan berulang ulang untuk data input yang berbeda beda sesuai dengan urutan data yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah penghitungan nilai fokus sesuai dengan data input dan data output yang telah diperoleh. Penghitungan nilai fokus dilakukan secara manual.

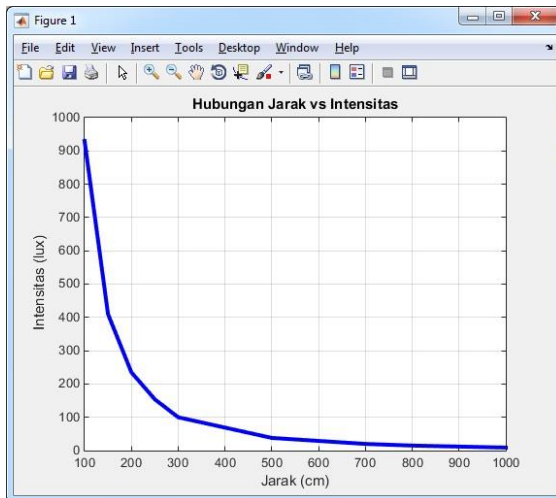
### Hasil dan Pembahasan

Pada pengukuran jarak obyek kesalahan yang timbul rata rata hanya satu digit, baik pada pengukuran konvensional maupun pengukuran otomatis dan kesalahan ini terjadi akibat kesalahan pembacaan pada skala, Sedangkan pada pengukuran jarak bayangan secara

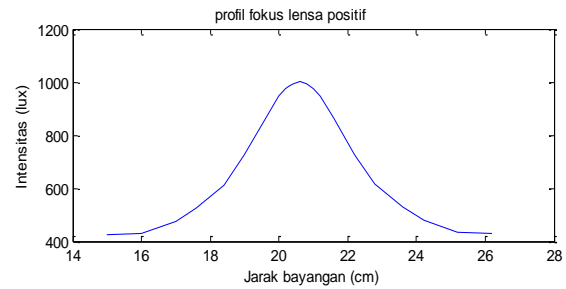
konvensional kesalahan yang timbul kebanyakan 2 digit. Hal ini terjadi selain kesalahan pembacaan juga akibat dari penentuan letak fokus ( bayangan sudah terfokus atau belum ) yang sifatnya subyektif, yaitu tergantung pada kecermatan pengamat dalam menentukan kefokusan dari bayangan.

Kesalahan pengukuran bayangan yang terjadi pada pengukuran bayangan secara otomatis mayoritas 1 digit, karena kesalahan yang timbul hanya diakibatkan oleh kesalahan pembacaan pada skala, sedangkan penentuan kefokusan sudah terjadi secara otomatis.

Profil fokus pada masing masing lensa mendekati profil gaussian, yaitu intensitas bayangan yang terukur pada sensor bayangan terdistribusi disekitar titik fokus dengan nilai intensitas tertinggi pada titik fokus. Semakin jauh dari titik fokus, maka intensitas bayangan semakin rendah.



Gambar 3. Hubungan antara jarak obyek dan intensitas



Gambar 4. Bentuk profil lensa cembung

Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa semua profil berbentuk kurva gaussian dengan puncak berada pada fokus dari bayangan yang tertangkap layar. Besarnya intensitas maksimum yang diperoleh pada profil ini bergantung pada besarnya intensitas yang datang pada lensa dan besarnya atenuasi intensitas akibat perambatan selama proses pemfokusan cahaya (obyek).

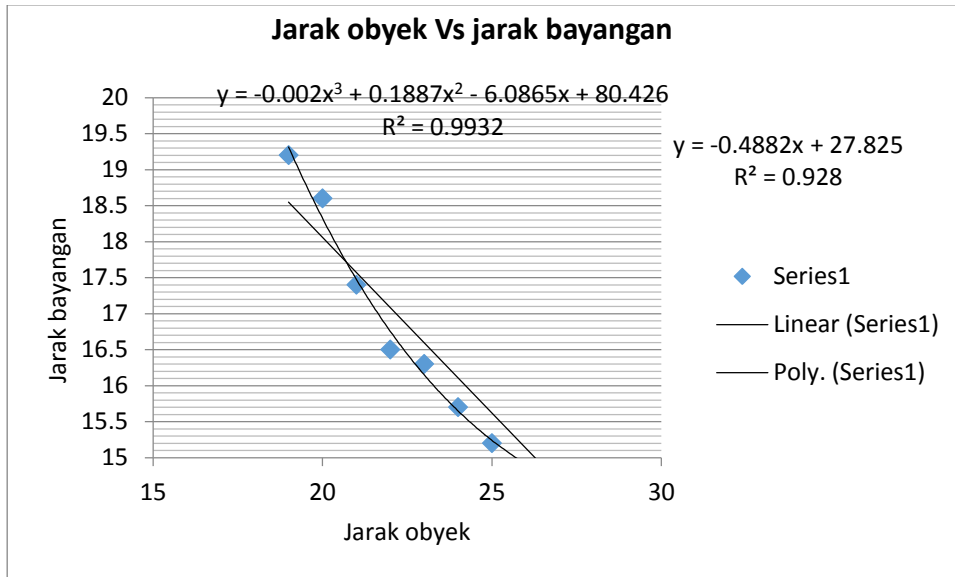
Besarnya pengaruh atenuasi cahaya (obyek) sebelum melewati lensa lebih besar dibanding setelah melewati lensa, hal ini terlihat dari profil fokus bahwa semakin jauh obyek dari lensa maka intensitas maksimum yang diterima oleh layar semakin kecil. Ini terjadi karena sebelum melewati lensa, cahaya (obyek) tidak mengalami pemfokusan dan intensitas yang diterima lensa semakin kecil jika jarak obyek terhadap lensa semakin besar.

Besarnya jarak lensa dengan layar pada posisi intensitas maksimum juga berpengaruh terhadap besarnya ESW (*edge slope width*), yaitu luasan yang dikenai paparan obyek (cahaya). Semakin besar ESW maka bayangan yang terbentuk akan semakin fokus. Dengan kata lain semakin dekat jarak bayangan terfokus terhadap lensa maka ESW akan semakin besar atau bayangan semakin terfokus.

**Pengukuran Jarak obyek Vs Jarak bayangan**

Hasil pengukuran autofokus untuk jarak obyek dan jarak bayangan disajikan dalam lampiran D. Hubungan antara

(jarak obyek)<sup>-1</sup> terhadap (jarak bayangan)<sup>-1</sup> atau hubungan antara 1/S dan 1/S' dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan jarak obyek terhadap jarak bayangan

Pada gambar 5, kemiringan (slope) diperoleh dengan cara ekstrapolasi sehingga memotong sumbu 1/s dan sumbu 1/s', karena tidak mungkin mendapatkan nilai 1/s sama dengan nol. Berdasar rumus praktis lensa  $1/s + 1/s' = 1/f$ , maka titik potong grafik dengan sumbu 1/s maupun titik potong grafik dengan sumbu 1/s' merupakan panjang fokus.

Dari hasil ekstrapolasi diperoleh hasil bahwa pada saat 1/s sama dengan 0, nilai 1/s' sebesar 0,0963 cm<sup>-1</sup> atau nilai fokus sebesar 10,385 cm, sedangkan pada saat 1/s' sama dengan 0, nilai 1/s sebesar 0,0960 cm<sup>-1</sup> atau nilai fokus sebesar 10,412 cm. Adanya ketidaksesuaian antara kedua nilai fokus yang diperoleh pada sumbu 1/s dan sumbu 1/s'. Hal ini terjadi karena rumus  $1/s + 1/s' = 1/f$  hanya berlaku jika memenuhi beberapa persyaratan, antara lain :

1. Indeks bias lensa sama dengan indeks bias udara, jika indeks biasnya tidak sama maka digunakan rumus  $1/f = (n - 1) (1/s - 1/s')$ .
2. Cahaya yang digunakan bersifat monokromatis, sedangkan dalam eksperimen menggunakan cahaya polikromatis sehingga intensitas yang terukur berupa intensitas dari banyak panjang gelombang.
3. Lensa yang digunakan harus lensa tipis supaya tidak timbul dispersi, sedangkan yang digunakan adalah lensa *equiconvex*, sehingga rumus lensa seharusnya  $f = \left[ \frac{2(n-1)}{R} + t_c \frac{(n-1)^2}{nR^2} \right]^{-1}$  dengan  $t_c$  merupakan ketebalan lensa.

Selain ketiga faktor diatas, adanya getaran pada saat layar bergerak juga memberikan kontribusi pada ralat pengukuran.

Selain ketiga faktor diatas, adanya getaran pada saat layar bergerak juga memberikan kontribusi pada ralat pengukuran.

### **Kesimpulan**

Dari hasil pengujian sistem autofokus eksperimen lensa dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil pengukuran nilai fokus dengan alat autofokus mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dibanding dengan pengukuran konvensional
2. Pengukuran pada eksperimen lensa dengan sistem autofokus lebih mudah dilakukan dibanding dengan eksperimen secara manual.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Kim, C., Kim, S. J., Yang, H. S., Park, N. C., dan Park, Y. P. 2012. *An Auto-focus Lens Actuator Using Ionic Polymer Metal Composite : Design, Fabrication and Control*. IJPEM vol. 13 No. 10 pp. 1883 – 1887.
- [2] Abdullah, M. M. dan Ratnam, Z. S. 2010. *Focus Measure in A Liquid-Filled Diaphragm (LFD) Lens Using Passive Method*. Int Conf Control Automatic, Robotic and Vision.
- [3] Gutierrez, R. C., Tang, T. K., Calvet, R., dan Fossum, E. 2007. *A MEMS Digital Camera*. SPIE Electronic Imaging–Digital Photography III Proc. SPIE Vol. 6502 pp. 36.

