

# Analisa Kegagalan Produksi Pemasangan Komponen Pada Papan PCB Dengan Memanfaatkan Sensor Photoelectric Pada Mesin SMT

**Desmira**

Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang 42117, Indonesia  
E-mail: desmira@untirta.ac.id

## **Abstrak**

*PT. Global Jaya Elektronik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan jasa layanan pemasangan PCB sesuai dengan permintaan dari customernya diantara perusahaan yang bekerja sama dengan PT Globalindo ini adalah PT. LG, PT. Sharp, dan masih banyak PT lain yang bekerja sama. Dalam pemasangan komponen pada PCB sesuai dengan permintaan konsumen terkadang dalam pengoperasian mesin yang ada disana yang di sebut Mesin Mounter ada beberapa komponen yang tidak tersolder dengan baik, hal ini diakibatkan karena mesin tidak bekerja pada mestinya. Dari latar belakang diatas maka penulis tertarik dalam melakukan penelitian disana. Seperti yang diketahui bahwa mesin mounter terdiri dari beberapa komponen yang saling bekerja sama untuk dan saling berintegrasi untuk menghasilkan solderan yang baik sehingga kegagalan dalam produksi dapat di minilisir. Pada mesin Surface Mount Technology (SMT), terdapat sensor photoelectric yang mengatur ketepatan dan penyolderan dibantu dengan sistem pengendali lainnya untuk pengecekan actuator supaya penyolderan sesuai dengan yang diinginkan. Dari penelitian ini ada 3 metode yang lakukan penulis dalam mendapatkan hasil yang diinginkan. 1. Observasi (sebelum melakukan penelitian mlihat langsung ketempat penelitian, 2. Wawancara (ketika penulis berkunjung ketempat penelitian penulis mulai melakukan wawancara dengan pihak perusahaan terhadap objek yang dijadikan penelitian). 3. Literatur pustaka (disini penulis melakukan kajian terhadap referensi yang dijadikan acuan dalam penulisan dengan melihat buku-buku yang berkaitan, jurnal-jurnal yang relevan, dan sumber lainnya dari internet yang relevan. Dari penelitian yang dilakukan selama 3 bulan di PT. Global Jaya Elektronik didapatkan hasil yang cukup memuaskan dari hasil analisa pengaplikasian sensor photoelectric ternyata diakibatkan karena sensor photoelektrik mengalami noise yang cukup besar, sehingga sensor photo elektrik tidak bisa bekerja sebagaimana mestinya, sehingga menimbulkan kegagalan produksi dengan tidak terpasangnya komponen pada papan PCB sesuai yang diinginkan customer.*

**Kata kunci:** Pemasangan Komponen Sensor Photoelectric, Surface Mount Technology (SMT)

## **Abstract**

*PT. Global Jaya Elektronik is a company engaged in providing PCB installation services according to requests from customers. Among the companies that work with PT Globalindo are PT.LG, PT. Sharp, and many other universities that work together. In installing components on the PCB according to consumer demand, sometimes in the operation of a machine that is there in a Machine Mounter, there are some components that are not soldered properly, this is due to the machine not working properly. From the above background, the writer is interested in doing research there. As it is known that the machine mounter consists of several components that work together for and integrate with each other to produce a good solder so that failure in production can be minimized. On the Surface Mount Technology (SMT) machine, there is a photoelectric sensor that adjusts the accuracy and the soldering is assisted by another control system to check the actuator so that the soldering is as desired. From this research, there are 3 methods that the author uses to get the desired results. 1. Observation (before conducting research, look directly at the place of research, 2. Interview (when the author visits the research place the author begins to conduct interviews with the company on the object used as research). 3. Literature (here the author conducts a study of the references used in the research), writing by looking at related books, relevant journals, and other relevant sources from the internet. From the research that was conducted for 3 months at PT.Global Jaya Elektronik, it was found that the results were quite satisfying from the analysis of the application of photoelectric sensors. Photoelectric sensors experience a large amount of noise, so that the photoelectric sensors cannot work properly, causing production failure by not installing components on the PCB board as desired by the customer.*

**Keywords:** Component Installation, Photoelectric Sensor, Surface Mount Technology (SMT)

## 1. Pendahuluan

Sensor merupakan salah satu komponen aktif yang dapat merubah suatu besaran kebesaran lain atau dari bentuk perubahan *energy* ke bentuk perubahan *energy* lainnya [1] Sensor ultrasonik digunakan sebagai pendeteksi jarak benda dan sensor suhu infra merah digunakan sebagai pendeteksi suhu benda tanpa adanya kontak langsung [2][3].

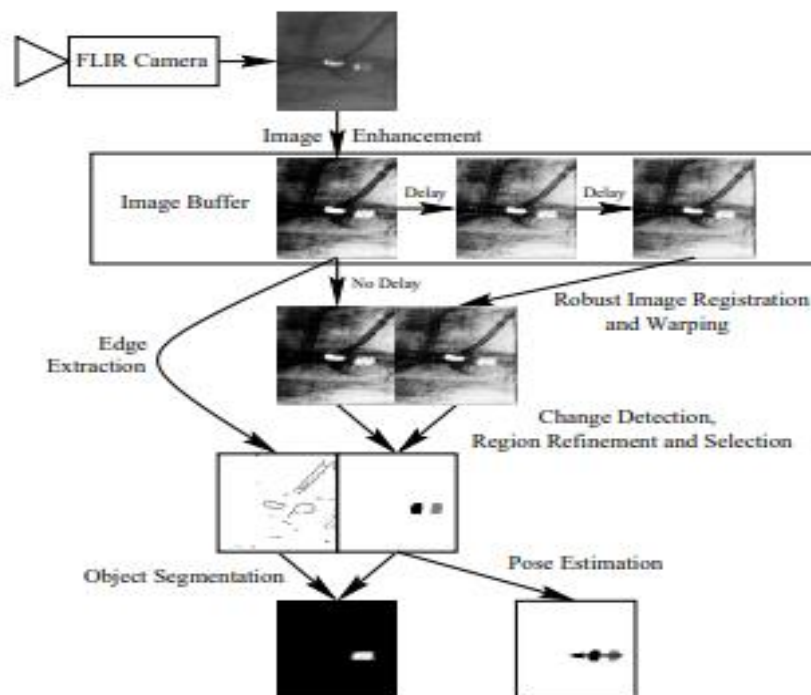
Sedikitnya ada tiga cara untuk menganalisis sebuah sistem fisik yaitu analisa matematik, pendekatan eksperimental, dan kalkulasi numerik. Pengukuran besaran resistansi, induktansi, dan kapasitansi pada sebuah papan PCB tidak selalu mudah untuk dilakukan, diperlukan peralatan khusus karena sifat besarnya yang imajiner (kecuali resistansi) dan magnitudenya sangat mungkin berorde mili atau mikron dan variabel fisik yang vektornya cukup kompleks. Secara praktis hal ini juga sulit untuk dilakukan menggunakan instrumen kelas B dimana spesifikasinya terbatas. Lebih jauh tentang efek dari adanya sifat induktif dan kapasitif pada jalur PCB adalah sulitnya mengukur atau mengobservasi pola medan listrik dan medan magnet tanpa interferensi eksternal.

Pendekatan secara teoritis untuk menghitung medan listrik dapat dilakukan menggunakan persamaan *Poisson* walaupun membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan hasilnya. Alternatif lain untuk dapat menganalisa sistem fisik adalah dengan pendekatan secara kalkulasi numerik, yang salah satunya menggunakan pendekatan FEA. FEA telah digunakan oleh banyak engineer sebagai metode yang cukup feasible dan reliable. FEA bekerja dengan cara melihat sebuah sistem sebagai satuan volume utuh yang dapat di-diskritisasi menjadi beberapa sub elemen.

FEA bekerja dengan cara melihat sebuah sistem sebagai satuan volume utuh yang dapat di-diskritisasi menjadi beberapa sub elemen [4].

Dalam penelitian [3], robot yang digunakan untuk mendeteksi lobang dengan menggunakan mikrokontroller 89S51 dengan memanfaatkan sensor infra merah, hasil dari penelitian ini Robot dengan baik mendeteksi lobang sesuai dengan yang diharapkan dalam penelitian.

Dalam makalah ini penulis mengusulkan sebuah sistem yang mendeteksi objek bergerak independen (IMO) dalam infra-merah berwawasan ke depan (FLIR) urutan gambar yang diambil dari udara, bergerak *peron* [5].



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem Deteksi Objek Bergerak Independen (IMO)

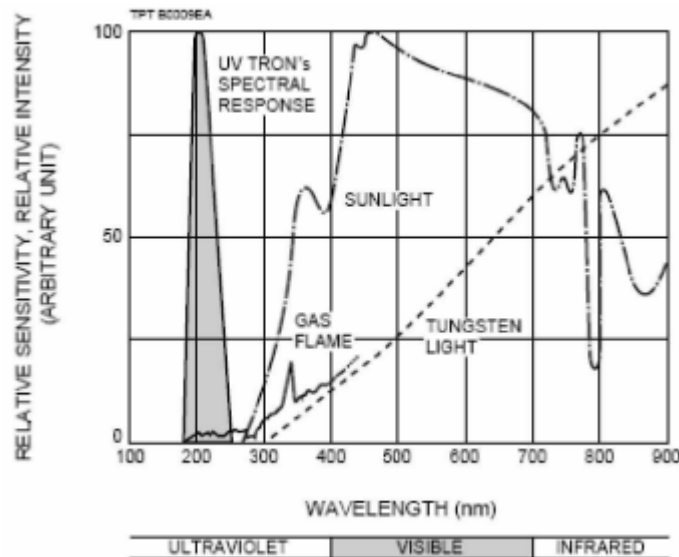
Penelitian [6] mensurvei kebutuhan yang terkait dengan pemantauan lingkungan dan pengelolaan lingkungan jangka panjang. Teknologi sensor yang muncul ditinjau untuk mengidentifikasi teknologi yang kompatibel untuk berbagai aplikasi pemantauan lingkungan.

Dalam penelitian diatas bagaimana pemanfaatan sensor infra merah dalam aplikasi pemantauan lingkungan.

Menurut [7], Efisiensi konversi fotolistrik (PCE) adalah salah satu indikator penting yang harus ditentukan kinerja keseluruhan dari sel surya peka pewarna (DSSCs), dan akurat estimasi PCE adalah strategi yang layak untuk mengembangkan DSSC berkinerja tinggi perangkat. Dalam penelitian ini bagaimana peneliti meneliti tentang kepekaan sensor photoelektrik dalam membaca data inputan sensor.

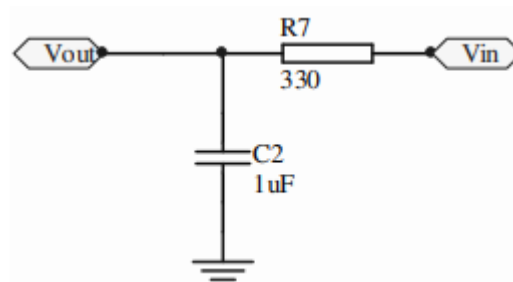
Untuk meningkatkan akurasi pencairan pompa panas sumber udara (ASHPs), makalah ini mengusulkan metode kontrol pencairan baru dengan menerapkan sensor fotoelektrik yang dilingkari tabung (TEPSs). Hasil pengujian menunjukkan bahwa terlepas dari kondisi lingkungannya, metode TEPS dapat memulai pencairan dalam situasi yang serupa: sebagian besar permukaan penukar panas telah tertutup oleh embun beku; suhu hisap kompresor menurun  $\sim 9^{\circ}\text{C}$ ; suhu pelepasan kompresor meningkat  $\sim 16^{\circ}\text{C}$ ; dan kapasitas pemanasan menurun  $\sim 30\%$ . Lebih lanjut, metode TEPS diverifikasi untuk membuat keputusan pencairan yang lebih akurat dan lebih masuk akal daripada metode T-T tradisional dalam kondisi beku dan non-beku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode TEPS merupakan metode pengendalian pencairan bunga es kompetitif yang dapat digunakan untuk ASHP[8]. Dalam makalah yang penulis bahas dapat dipahami bahwa penerapan sensor Photoelektrik dan kepekaan terhadap menerima inputan dari lingkungannya.

Sensor infra merah cahaya yang dipancarkan tidak akan tampak secara *real*. Apabila dilihat dengan menggunakan spektroskop akan terlihat bahwa panjang gelombang diatas panjang gelombang cahaya merah (*Red*). Panjang dari gelombang gelombang 750 nm sampai 1 mm.



Gambar 2. Spektrum Panjang Gelombang Infra merah

Prinsip kerja dari sensor infra merah adalah peka terhadap cahaya dimana menerima cahaya infra merah dipancarkan *transmitter* kemudian merubah gelombang cahaya tersebut menjadi *energy* elektromagnetik pada bagian *receiver energy* elektromagnetik tadi dirubah lagi menjadi bentuk gelombang semula dalam perjalanannya gelombang infra merah sebelum sampai di *receiver* ada sinyal gangguan yang membuat infra merah sangat terpengaruh dari sinyal gangguan tersebut contoh dari gambar 3 memperlihatkan contoh dari *low pass filter*.



Gambar 3. Low Pass Filter

Dari gambar 3 dapat dirumuskan bahwa frekuensi *cut off*nya  $f_c$  adalah

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Dari gambar di atas dapat di paparkan Proses produksi di bagian SMT memakai *adhesive*



Gambar 4. Mesin Solder Paste Printer



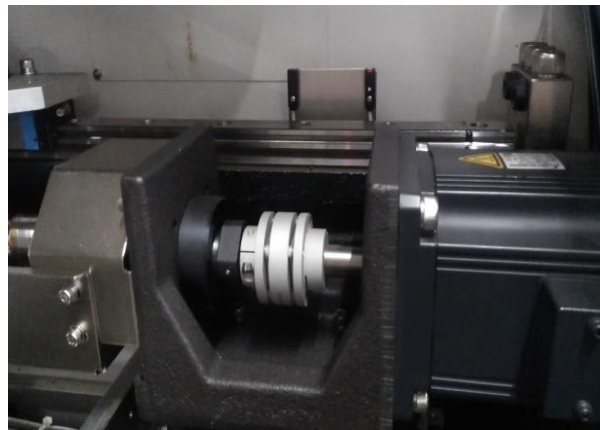
Gambar 5. Mesin Component Mounter

Terdapat 2 Jenis *Component Mounter* berkecepatan tinggi dan *Mounter* yang berkecepatan rendah.



Gambar 6. Mesin *Reflow Oven*

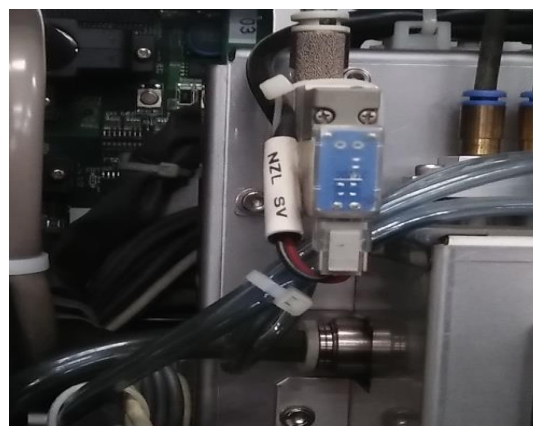
Mesin *Component Mounter* memerlukan kecepatan dan persisi yang tinggi pemasangan komponen elektronik seperti IC, resistor, kapasitor dan lain-lain memerlukan pemosisian yang akurat dan kecepatan yang tinggi, oleh karena itu motor servo dimana motor servo merupakan pendukung pada saat proses pemasangan komponen elektronik pada pcb agar akurat.



Gambar 7. Motor Servo Pada Mesin *component Mounter Solenoida*

Solenoida adalah perangkat elektromagnetik menuba energi listrik menjadi energi gerakan. Energi gerakan yang dihasilkan oleh Solenoid biasanya hanya gerakan mendorong (*push*) dan menarik (*pull*).

Elektromagnet pneumatik mikro *mount* kepala adalah komponen penting lainnya di *Mount* kepala. Mengelola fungsi seperti gerakan, memilih dan tempat, dll. Dengan perkembangan mesin *mounting*, katup solenoid terpadu grup juga telah mengembangkan jauh. Beberapa individu solenoid *valve* ketebalan hanya 10-18 mm. Dan kekuatan *drive* elektromagnet kecil, tingkat berkendara sirkuit umum dapat langsung digerakkan.



Gambar 8. Solenoid Pada Mesin *component Mounter*

### c) Nozzel

Ketika tekanan negatif vakum yang dihasilkan, *nozzle* hisap langsung menyentuh bagian komponen SMT. Ukuran lubang hisap nosel dan bentuk komponen SMT memiliki *nozzle* sangat praktis untuk setiap mesin penempatan. Untuk penempatan mesin untuk beradaptasi dengan penempatan komponen yang berbeda, itu juga dilengkapi dengan perangkat yang secara otomatis menggantikan *nozzle* hisap. Ada juga yang elastis kompensasi mekanisme penyangga antara *nozzle* hisap dan pipa hisap untuk memastikan perlindungan dari komponen chip dalam proses memilih dan meningkatkan tingkat Pemasangan komponen.



Gambar 9. *Nozzel* Pada Mesin Component Mounter

Elemen *pick-up* adalah pengisap vakum yang menyebarkan komponen. Ini memiliki struktur yang sederhana dan mudah untuk mempertahankan. Dalam memilih dan tempat operasi, *pick-up nozzle* harus memilih dan menempatkan lebih cepat dan halus karena bergerak ke arah Z. Z-arah gerakan awal *nozzle* hisap dicapai dengan menggunakan mikro-silinder. Dalam dekade terakhir penggunaan, silinder ditemukan untuk menjadi rentan untuk memakai, dengan kehidupan yang singkat dan tingkat kebisingan yang tinggi. Saat ini, banyak model-model baru telah mengadopsi jenis elektromekanis transmisi batang bukan paksi z, yang dapat mengontrol keadaan gerakan paksi z dan sangat meningkatkan kinerja keseluruhan dari gerakan Z-arah baru.

Ketika perangkat hisap kepala hisap pindah dan diposisikan, sebagian besar komponen melakukan gerakan berputar kuantitatif ( $q$  sudut). Pertama, sumbu poros instalasi komponen di piring koreksi dan sumbu komponen selama gerakan ( $q'$  sudut) adalah yang pertama. Memecahkan perbedaan sudut ( $q''$  sudut) komponen pada pengumpan dan sumbu pad PCB papan  $q = q' + q''$ . Mekanisme untuk mengoreksi *misalignment* sudut dari komponen *mounting* lama dikendalikan oleh sebuah *loop* terbuka *stepper* motor dan dioperasikan oleh sinkron sabuk kecil. Saat ini, mesin penempatan *nozzel* telah digantikan oleh beberapa khusus mikro-motor, yang sangat meningkatkan kinerja mekanisme. Untuk meningkatkan kecepatan penempatan mesin penempatan, kombinasi *nozzel multi* diadopsi di kepala penempatan, dan prosedur operasi yang tepat dikendalikan oleh komputer.



Gambar 10. Jenis-jenis *Nozzel*



d) Kamera

Dua kamera atas dan bawah memperbaiki posisi setiap komponen yang sangat akurat, terutama untuk IC. Kamera berfungsi untuk membaca *point fiducial mask* baik pada PCB maupun *Mask* yang nantinya akan mengirimkan data ke *system* tentang pergeseran antara PCB dengan *mask*, kemudian *system* mengirimkan data ke motor alignment untuk mengoreksi pergeseran yang terjadi.

Pada *Printing Ekra* camera juga berfungsi untuk melakukan *Inspection* terhadap hasil cetakan *cream solder* kamera bawah periksa setiap komponen sebelum penempatan, ini dapat memeriksa jenis komponen yang benar, sudut yang benar, arah yang benar, komponen sandal, dan pengambilan salah.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

a. Observasi

Observasi merupakan salah satu metode penelitian mengamati bagaimana *obyek* bertindak atau kejadian yang sedang berlangsung[9][10]. Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung cara kerja sensor Infra Merah, *Photoelectric*, *Surface Mount Technology* (SMT), Mesin *Mounter* di PT. Global Jaya Elektronik

b. Wawancara

Wawancara bertujuan menggali informasi tentang kinerja sensor dan penerapannya di PT. Global Jaya Elektronik secara mendalam[11] Wawancara semi terstruktur dilakukan dengan instruktur yang ada di PT. Global Jaya Elektronik.

c. Pengambilan data

Mengetahui Proses Pemasangan Komponen SMD ke permukaan PCB, Mengetahui Cara Kerja Sensor Infra Merah dan Mengetahui Fungsi Dan Fitur Utama *Photoelectric* Tahap-tahapan yang dilakukan penulis di PT. Global Jaya Elektronik adalah penelitian di lapangan di bagian SMT (*Surface Mount Technology*) yaitu penelitian mengenai teknologi yang digunakan pada industri. Saya melakukan observasi serta menanyakan langsung pada production *Surface Mount Technology* (SMT). Penulis melakukan observasi tidak hanya di bagian SMT saja melainkan di bagian *Production Manual Insert* (MI) dan *Production Auto Insert* (AI). Penulis dibimbing untuk melihat alat apa saja yang ada di PT. Global Jaya Elektronik.

Komponen Elektronika yang dapat dipasangkan oleh Mesin-mesin SMT adalah komponen khusus yang biasanya disebut dengan komponen *Surface Mount Device* (SMD). Penulis Juga di jelaskan mengenai cara kerja dari setiap mesin yang ada di sana. Salah satu Mesin yang digunakan disana yaitu *Component Mounter*.

Terdapat 3 proses dalam SMT yaitu:

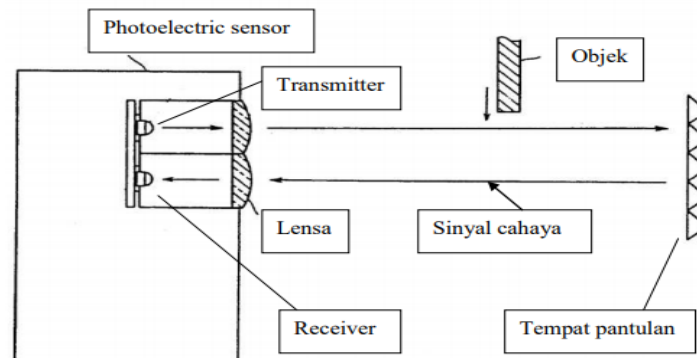
### SMT Process Flow



Gambar 11. SMT Proses Flow

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan Umum Sensor *Photoelectric* untuk mendeteksi apakah posisi *nozzle* yang akan digunakan untuk melekatkan timah pada papan PCB sesuai dengan posisinya atau tidak, jika posisi *nozzle* belum tepat maka proses akan diulangi lagi dari proses awal .



Gambar 12. Sistem Kerja Sensor *Photoelektrik* pada Mesin SMT

Dari gambar dapat dilihat bahwa apabila mesin sudah beroperasi bergerak untuk melakukan pencetakan timah ke papan PCB, sensor fotoelektrik akan mengirimkan sinyal ke melalui *transmitter* kemudian apabila ada benda yang bergerak yang menghalangi sinyal untuk sampai ke *receiver* maka papan PCB yang bergerak sesuai dengan program yang diperintahkan melalui sistem kendali yang digunakan dan apabila sensor bergerak tidak sesuai dengan perintah yang diterima dari sensor fotoelektrik maka mesin akan berhenti sejenak kemudian akan kembali sistem kerjanya seperti semula.

a. TX (*Transmitter*)

TX digunakan untuk menghasilkan cahaya serta mentransmisikan cahaya tersebut kebagian RX (*Receiver*). Jarak yang diizinkan dalam pendeteksian yang jauhnya 5 sampai 10m.

b. RX (*Receiver*)

Di bagian RX ini sinyal yang tadi dipancarkan dari TX akan dirubah menjadi sinyal listrik setelah RX mendapat informasi dari TX tentang peletakan komponen sudah sesuai dengan yang ada diprogram atau belum kalau kondisi yang diinginkan program belum tercapai maka sensor akan menggerakkan kembali papan pcb supaya menempati posisi yang telah sesuai dengan program. Hal ini dilakukan supaya menghindari terjadinya kegagalan dalam produksi.

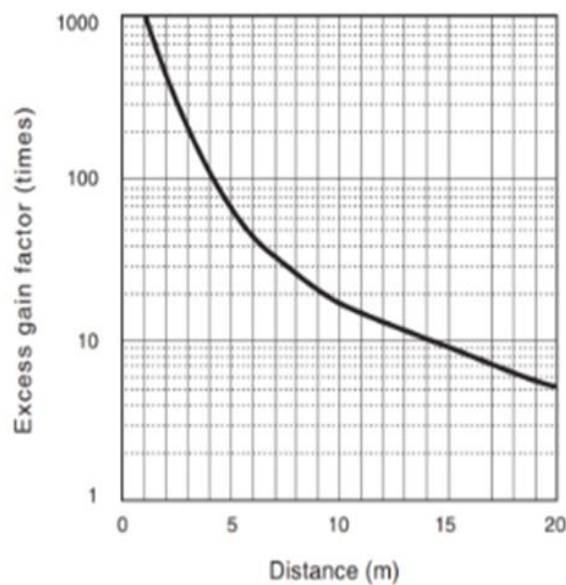
Prinsip kerja dan analisa kegagalan produksi pemasangan komponen pada papan PCB dengan memanfaatkan sensor *photoelectric* pada mesin mounter di PT global jaya elektronik tidak terlepas dari sistem kendali yang digunakan dalam perusahaan karena sistem kendali yang menggunakan *actuator* untuk menggerakkan mesin untuk bergerak sesuai dengan program yang tertanam dalam sistem kendali yang digunakan perusahaan.

Tabel 1 menampilkan daftar katalog *Photoelectric*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa karakteristik dari sensor Fotolektrik yang digunakan adalah 5 sampai 10m dapat digunakan dalam mesin SMT, cara kerja dari sensor fotoelektrik disini adalah dapat mendeteksi *nozzle* yang bergerak dalam pemasangan komponen di SMT apabila pemasangan komponen tidak sesuai yang diinginkan maka proses akan berhenti sejenak kemudian melanjutkan proses awal lagi, hal ini dilakukan menghindari gagal produksi yang mengakibatkan kerugian buat perusahaan yang melewati sensor tersebut. Hasil analisa dapat dilihat dari grafik yang terdapat pada Gambar 13. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor fotoelektrik dapat mendeteksi benda dipengaruhi oleh jarak dan waktu.



Tabel 1. Daftar Katalog *Photoelectric*

Detection method	Scanning distance	Configuration	L-ON/D-ON selection	Sensitivity adjustment	Wiring method	Cable length	Power supply	Output mode	Catalog listing
Thru-scan	15m		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Preleaded	2m	10 to 30Vdc	NPN open collector	HP100-T1
						5m			HP100-T1-L05
						50cm			HP100-T1-LP5
						30cm			HP100-T1-CN03
						50cm			HP100-T1-CN05
						1m			HP100-T1-CN1
					M12 preleaded connector	HP100-T1-CT			
						M8 connector		HP100-T2	
								HP100-T2-L05	
								HP100-T2-LP5	
								HP100-T2-CN03	
								HP100-T2-CN05	
HP100-T2-CN1									
Polarized retroreflective	5m (when used with FE-RR8 or FE-RR17 or FE-RR21)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Preleaded	2m	10 to 30Vdc	NPN open collector	HP100-P1
						5m			HP100-P1-L05
						50cm			HP100-P1-LP5
						30cm			HP100-P1-CN03
						50cm			HP100-P1-CN05
						1m			HP100-P1-CN1
					M12 preleaded connector	HP100-P1-CT			
						M8 connector		HP100-P2	
								HP100-P2-L05	
								HP100-P2-LP5	
								HP100-P2-CN03	
								HP100-P2-CN05	
HP100-P2-CN1									
Diffuse-scan	1m		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Preleaded	2m	10 to 30Vdc	NPN open collector	HP100-A1
						5m			HP100-A1-L05
						50cm			HP100-A1-LP5
						30cm			HP100-A1-CN03
						50cm			HP100-A1-CN05
						1m			HP100-A1-CN1
					M12 preleaded connector	HP100-A1-CT			
						M8 connector		HP100-A2	
								HP100-A2-L05	
								HP100-A2-LP5	
								HP100-A2-CN03	
								HP100-A2-CN05	
HP100-A2-CN1									



Gambar 13. Diagram Karakteristik pada *Photoelectric*

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan Penelitian di PT. Global Jaya Elektronik, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pada Semua mesin yang ada di PT. Global Jaya Elektronik di bagian SMT (*production Surface Mount Technology*) terdapat Sensor, sensor merupakan peralatan atau komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah sistem pengaturan otomatis, begitupun pada sensor *photoelektrik* pada mesin SMT. Pada Sensor photoelektrik terdapat bagian yang berfungsi sebagai Pemancar (TX) dan penerima (RX) pada saat proses pemasangan komponen pada pcb.
- 2) Prinsip kerja dari Sensor fotoelektrik disini adalah apabila pada bagian *transmitter* (TX) memancarkan sinyal kemudian di terima di bagian *Recaiver* (RX) apabila data ditemukan ketidak sesuaian antara data yang diprogram dengan yang ada saat pemasangan komponen tersebut maka *actuator* akan berhenti sesaat kemudian akan kembali melanjutkan proses kendali dari awal, hal ini dilakukan untuk menghindari kegagalan produksi terhadap komponen yang dipasang di PCB.
- 3) Dari hasil analisa pengaplikasian sensor *photoelectric* ternyata diakibatkan karena sensor photoelektrik mengalami *noice* yang cukup besar, sehingga sensor fotoelektrik tidak bisa bekerja sebagaimana mestinya, sehingga menimbulkan kegagalan produksi dengan tidak terpasangnya komponen pada papan PCB sesuai yang diinginkan *customer*.

#### Daftar Pustaka

- [1] "Pemrograman Spreadsheet Untuk Pemodelan Kontrol Rangkaian Elektronika (2018)."
- [2] C. Series, "An ultrasonic and temperature sensor prototype using fuzzy method for guiding blind people An ultrasonic and temperature sensor prototype using fuzzy method for guiding blind people," 2020.
- [3] M. Ats, "No Title," vol. 7, no. 1, 2011.
- [4] P. Son and E. Susianti, "Analisis Karakteristik Elektrik Bentuk Geometri Jalur Printed Circuit Board Menggunakan Pendekatan Finite Element," vol. 10, no. 1, 2018.
- [5] A. Strehl and J. K. Aggarwal, "Detecting Moving Objects in Airborne Forward Looking Infra-Red Sequences."
- [6] C. K. Ho, A. Robinson, D. R. Miller, and M. J. Davis, "Overview of Sensors and Needs for Environmental Monitoring," no. 1, pp. 4–37, 2005.
- [7] A. Manuscript, "Materials Chemistry C," 2020.
- [8] Y. Ge, Y. Sun, W. Wang, J. Zhu, L. Li, and J. Liu, "Field test study of a novel defrosting control method for air-source heat pumps by applying tube encircled photoelectric sensors Yijing Ge , Yuying Sun , Wei Wang \* , Jiahe Zhu , Lintao Li , Jingdong Liu □ The TEPS method is a promising alternative defrosting control method for ASHP," *Int. J. Refrig.*, 2015.
- [9] D. R. Papini, F. Studies, and E. Building, "An Observational Study of Affective and Assertive Family Interactions During Adolescence," vol. 17, no. 6, pp. 477–492, 1988.
- [10] "A Method for Observing and Evaluating Writing Lab Tutorials on JSTOR." .
- [11] L. Cohen, L. Manion, K. Morrison, and R. Publishers, "Book Reviews Research Methods in Education ( 6th ed )," no. September, 2014.