

OPTIMASI SENSOR KAMERA PADA PROSES IDENTIFIKASI WARNA DENGAN PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN *DESIGN OF EXPERIMENT*

OPTIMIZATION SENSOR CAMERA IN COLOR IDENTIFICATION PROCESS WITH IMAGE PROCESSING USING DESIGN OF EXPERIMENT

David Simangunsong¹, Dr. Dida Diah Damayanti, S.T., M.Eng.Sc²., Denny Sukma Eka A., S.T., M.Sc³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹davidsimangunsong017@gmail.com, ²didadiah@gmail.com, ³dennysukma@gmail.com

Abstrak

Kamera merupakan salah satu sensor dari robot. Kamera sangat sensitif terhadap faktor lingkungan yang sering berubah-ubah, sehingga dibutuhkan suatu penelitian terhadap faktor yang berpengaruh pada kinerja kamera dan pengaturan kombinasi faktor untuk meminimalkan *error rate* dalam mengidentifikasi citra. Untuk menyelesaikannya dibutuhkan tahap *design of experiment* dengan pendekatan Taguchi menggunakan deteksi warna HSV pada pengolahan citra. Kelebihan metode Taguchi ialah mampu meminimalkan akibat dari variasi terhadap respon serta eksperimen dapat dilakukan dengan efisien. Sedangkan deteksi warna HSV memiliki dimensi warna yang cukup bervariasi. Analisa data dilakukan berdasarkan karakteristik "*smaller is better*" dari *Signal to Noise Ratio* (S/N), uji normalitas, dan analisis varians (ANOVA). Hasil analisa terhadap rasio S/N pada palet berwarna merah optimal dengan kombinasi faktor *resize* (120%) dengan nilai rasio S/N sebesar 13,774, resolusi kamera (2MP) dengan nilai sebesar 12,475, jarak kamera (12 cm) dengan nilai sebesar 13,572 dan kontras (1,7) dengan nilai sebesar 2,785.

Kata kunci : Pengolahan citra, segmentasi warna, HSV, *design of experiment*, Taguchi

Abstract

Camera is one of the sensors of the robot. Camera is very sensitive to environmental factors change often, so it takes a study of factors that affect the performance of the camera and setting a combination of factors to minimize the error rate in identifying image. To solve it required the design phase of the experiment with the Taguchi approach using the HSV color detection in image processing. Advantages of the Taguchi method is able to minimize the impact of the variation of the response as well as the experiments can be done efficiently. While the detection of HSV color has a dimension of color that is quite varied. Data analysis is done based on the characteristics of the "smaller is better" from the Signal to Noise Ratio (S / N) with the normality test and analysis of variance (ANOVA). Results of analysis of S / N ratio on red pallet optimal combination of factors resize at high level (120%) with value of S / N ratio is 13.774, camera resolution (2MP) with value is 12.475, distance camera (12 cm) with value is 13.572 and contrast (1.7) with value is 2.785.

Keyword : *Image processing, color segmentation, HSV, design of experiment, Taguchi*

I. Pendahuluan

Robot merupakan salah satu teknologi yang dapat membantu manusia dalam mengerjakan pekerjaannya. Salah satu alasan penggunaan robot pada dunia industri yaitu robot dapat menggantikan manusia di lingkungan kerja yang berbahaya atau tidak nyaman (Groover, 2002). Dengan kata lain, robot memiliki kemampuan mengenali lingkungan melalui sistem *vision* yang dapat memberikan informasi kondisi lingkungan dari suatu citra. Dalam mengenali lingkungan di sekitar robot, *vision* menjadi yang penting dalam industrial robot maupun *service robot* (Pratiwi dkk, 2014). Hal ini mendorong manusia untuk mengembangkan teknologi lebih lanjut. Untuk mengetahui keadaan sekitar, Robotino menggunakan beberapa sensor, yang salah satunya adalah kamera. Kamera sebagai sensor yang dapat digunakan pada robot, yang memiliki keunggulan lebih fleksibel dibandingkan sensor lain dalam aplikasi *input data* untuk menghasilkan sebuah citra dari objek yang ditangkap (Collewet, 2011).

Pada proses kerjanya, kamera didukung oleh cahaya yang terdapat pada lingkungan sekitarnya. Cahaya yang mengenai permukaan dapat dipantulkan oleh permukaan atau dibiarkan melewati permukaan ke suatu *material* atau bahan (Stainvas, Lowe, 2003). Ketika melewati suatu *material*, pencahayaan dapat dipancarkan, diserap dan disebarkan oleh *material*. Banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh objek bergantung pada jenis permukaan objek tersebut (I. Sato, Y. Sato, Ikeuchi, 2002). Nahla (2009) menggunakan Robotino sebagai perangkat keras dan *library open source computer vision* sebagai perangkat lunaknya, sehingga Robotino dapat mendeteksi bola dengan metode *image processing* menggunakan *webcam*. Dalam pengoperasiannya, faktor cahaya berperan besar dalam hal *image processing*, dimana tingkat keberhasilan segmentasi warna ditentukan oleh faktor ini. Apabila cahaya kurang atau redup, kemungkinan Robotino tidak dapat mendeteksi bola maupun gawang sehingga proses

terjadinya gol pun tidak terjadi dan dapat dinyatakan gagal. Oleh sebab itu, dibutuhkan lingkungan atau ruangan dengan intensitas cahaya yang mendukung.

Penelitian yang dilakukan Pratiwi dkk (2014) menggunakan sensor kamera untuk pengambilan citra dan menggunakan komputer sebagai perangkat lunak untuk pemrosesan citra. Sistem yang dirancang akan diuji dengan parameter-parameter yaitu warna, tekstur, dan jumlah objek serta intensitas cahaya yang dapat memberikan pengaruh keberhasilan sistem dalam melakukan segmentasi. Dengan metode *edge suppressing* yang digunakan untuk proses segmentasi, maka pengaruh pencahayaan memberikan citra hasil segmentasi paling baik saat menggunakan objek cangkir sebagai *foreground*. Segmentasi dengan pencahayaan rendah didapatkan hasil yang baik walaupun masih terdapat sedikit *noise*. Namun pada penelitian tersebut hanya membahas mengenai pengaruh intensitas cahaya terhadap proses segmentasi, tidak membahas mengenai pengaruh jarak pengambilan gambar dan besarnya *pixel* sensor kamera yang digunakan. Andriessen dkk (2012) menggunakan metode *image processing* dan *template matching* dengan tambahan sistem warna HSV untuk menggerakkan Robotino[®] menggunakan isyarat tangan. Dengan menggunakan metode *template matching*, aplikasi yang dirancang oleh Andriessen dkk dapat menggerakkan Robotino sesuai dengan jenis perintah isyarat tangan. Robot dapat melakukan gerakan sesuai dengan perintah isyarat tangan tersebut yaitu maju, mundur, belok kanan, belok kiri, dan berhenti, dengan tingkat akurasi 100% melalui 60 kali percobaan, diambil dengan jarak antara tangan dengan kamera PC kurang lebih antara 110-130 cm. Hal ini menunjukkan bahwa dibutuhkan jarak yang optimal antara kamera dan target objek, yaitu telapak tangan.

Berdasarkan beberapa faktor diatas yang mempengaruhi kinerja kamera dan kualitas citra, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh faktor terhadap output yang dihasilkan. *Design of experiment* mengacu pada metode atau teknik dalam mendefinisikan dan menyelidiki semua kemungkinan kondisi dalam sebuah eksperimen yang terdiri dari beberapa faktor (Roy, 1990). Metode Taguchi merupakan salah satu disiplin ilmu dalam mengembangkan konsep optimasi melalui *design of experiment*. Metode Taguchi benar-benar berlaku dan memberikan efektifitas ketika diterapkan untuk eksperimen yang terdiri dari beberapa faktor, namun pengetahuan awal dalam eksperimen merupakan prasyarat dalam melakukan percobaan untuk menentukan tingkat yang sesuai dan faktor desain (Phadke, 2008).

Melalui jurnal pengamatan yang telah dilakukan dari penelitian beberapa tahun terakhir, maka ditemukan beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja kamera pada pengolahan citra dalam deteksi objek. Perubahan intensitas cahaya dan variasi warna objek serta jarak kamera dengan objek dapat memberikan pengaruh terhadap kinerja kamera pada Robotino, sehingga perlu dilakukan penelitian mendalam identifikasi warna pada pengolahan citra digital menggunakan *design of experiment*.

2. Dasar Teori

2.1 Pengolahan Citra Digital

Citra adalah gambar pada bidang dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi dan kontinu menjadi gambar diskrit, melalui proses sampling gambar analog dibagi menjadi M baris dan N kolom sehingga menjadi gambar diskrit (Purba, 2010).

2.1.1 Prinsip Pengolahan Citra

2.1.1.1 Peningkatan Kecerahan dan Kontras

Pada pengambilan citra oleh kamera seringkali dalam keadaan yang kurang jelas. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan prinsip pengolahan citra melalui peningkatan kecerahan seperti pada Gambar 1 (Kadir dan Susanto, 2013).



Gambar 1 Pengolahan citra (a) Citra dengan kontras rendah, (b) Citra dengan kontras yang ditingkatkan (Kadir dan Susanto, 2013)

2.1.1.2 Penghilangan Derau

Citra yang ditangkap oleh kamera dan akan diproses seringkali dalam keadaan terdistorsi atau mengandung derau. Untuk kepentingan tertentu, derau tersebut perlu dibersihkan terlebih dahulu (Kadir dan Susanto, 2013).

2.1.1.3 Pencarian Bentuk Objek

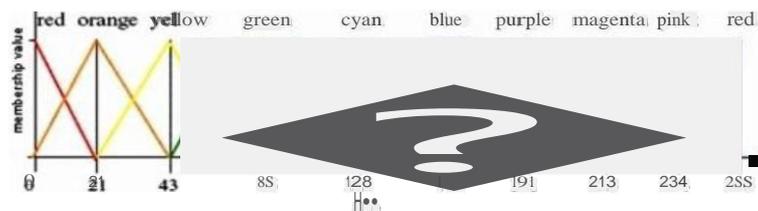
Untuk kepentingan mengenali objek yang ditangkap citra, objek perlu dipisahkan dari *background*. Salah satu pendekatan yang umum dipakai untuk keperluan ini adalah penemuan batas objek. Dalam hal ini, batas objek berupa bagian tepi objek (Kadir dan Susanto, 2013).

2.1.2 Color Filtering

Color Filtering adalah suatu teknik pengolahan citra yang yang dipakai untuk memanipulasi suatu citra berdasarkan warna spesifik. Cara kerjanya adalah dengan membandingkan komponen warna setiap *pixel* citra dengan warna spesifik. Apabila warnanya sesuai dengan warna spesifik komponen warna *pixel* tersebut dibiarkan saja. Namun, bila warnanya tidak sesuai dengan warna spesifik maka komponen warna *pixel* tersebut diubah menjadi warna *background*, biasanya menjadi warna hitam. Warna yang digunakan dalam *Color Filtering* dapat direpresentasikan dalam berbagai ruang warna. Ada beberapa ruang warna yang dikenal, antara lain RGB (*Red, Green, Blue*), HSV (*Hue, Saturation, Value*), YCbCr, dsb. HSV merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, dimana warna dasar ini digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi robot. Selain itu, HSV menoleransi terhadap perubahan intensitas cahaya. Inilah yang menjadi keunggulan HSV dibandingkan dengan ruang warna lainnya. (Dhiemas, 2011)

2.1.3 Segmentasi Warna Dengan Deteksi Warna HSV

Segmentasi warna merupakan proses segmentasi dengan pendekatan daerah yang bekerja dengan menganalisis nilai warna dari tiap piksel pada citra dan membagi citra tersebut sesuai dengan fitur yang diinginkan. Segmentasi citra dengan deteksi warna HSV oleh Gunanto (2009) menggunakan dasar seleksi warna pada model warna HSV dengan nilai toleransi tertentu. Pada metode segmentasi dengan deteksi warna HSV menurut Giannakopoulos (2008), dilakukan pemilihan sampel piksel sebagai acuan warna untuk membentuk segmen yang diinginkan. Citra digital menggunakan model warna RGB sebagai standar acuan warna, oleh karena itu proses awal pada metode ini memerlukan konversi model warna RGB ke HSV. Gambar 2 menunjukkan dimensi *hue*.



Gambar 2 Dimensi *Hue* (Younes dkk, 2007)

2.1.4 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan proses yang ditunjukkan untuk mendapatkan objek-objek yang terkandung di dalam citra atau membagi citra ke dalam beberapa daerah dengan setiap objek atau daerah yang memiliki kemiripan atribut. Pada citra yang mengandung hanya satu objek, objek akan dipisahkan dari *background*-nya yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pemisahan objek daun terhadap *background* (Kadir dan Susanto, 2013)

2.1.5 Fundamental Visi Komputer

2.1.5.1 Pencahayaan

Pencahayaan merupakan salah satu langkah yang kritis untuk mendapatkan kualitas citra yang diinginkan. Pemanfaatan pencahayaan pada umumnya didasarkan pada jenis sumber cahayanya, misalkan sumber cahaya menyebar seperti matahari, lilin atau lampu-lampu seperti *fluorescent*, halogen, LED, dan lain-lain, atau sumber cahaya terarah seperti *laser pointer*. Selain itu untuk memenuhi kebutuhan cahaya, pencahayaan juga digunakan untuk mengamati interaksi antar cahaya dengan objek seperti pemantulan, penyerapan, dan transmisi cahaya (Iqbal dkk, 2009).

2.1.5.2 Lensa

Ada 3 parameter utama dalam lensa, yaitu *focal length* (jarak antar kamera sensor dengan lensa, dalam satuan milimeter), *focus* (berkaitan dengan jarak, satuannya meter) dan *aperture* (besaran lensa dalam membuka dan menutup yang berhubungan dengan berapa banyak cahaya yang masuk ke sensor kamera). Selain itu, ada parameter sensor (S) yang sangat mempengaruhi area objek yang dapat ditangkap ($FOV = Field\ of\ View$) dan ada juga parameter yaitu terkait dengan area fokus kerja ($WD = Working\ Distance$) (Iqbal dkk 2009).

2.1.5.3 Kamera

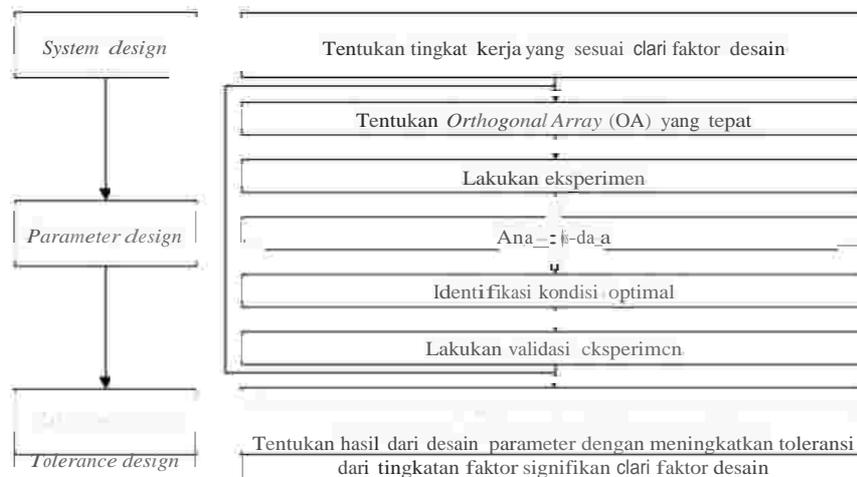
Kamera akan mengubah sebuah objek di dunia dalam bentuk gambar tertentu. Kamera analog akan mentransfer film plastik dan kamera digital akan transfer ke adegan piksel. Kegiatan ini akan sangat tergantung pada unsur-unsur utama dan kamera yang sensor. Mengenai jenis sensor, kamera terdiri dari sensor CCD (*Charge Couple Device*) dan sensor CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*). CCD akan membentuk piksel dan gambar matriks dengan *shift register*, sedangkan CMOS juga akan hal yang sama tetapi dilengkapi baris *decode* dan matriks kolom yang membuat setiap piksel yang lebih terstruktur dan efisien untuk sistem penyimpanan (Iqbal dkk, 2009).

2.2 Design Of Experiment

Design of experiment mengacu pada metode atau teknik dalam mendefinisikan dan menyelidiki semua kemungkinan kondisi dalam sebuah eksperimen yang terdiri dari beberapa faktor (Roy, 1990). Menurut Iriawan (2006) tujuan umum dari desain eksperimental dibagi menjadi beberapa poin. Pertama adalah untuk menentukan variabel *input* (faktor) yang mempengaruhi respon, kedua adalah untuk menentukan variabel *input* yang membuat respon yang mendekati nilai yang diinginkan, dan yang ketiga adalah untuk menentukan variabel *input* yang menyebabkan variabel respon menjadi kecil.

2.2.1 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan salah satu disiplin ilmu dalam mengembangkan konsep optimasi melalui *design of experiment*. Metode Taguchi benar-benar berlaku dan memberikan efektifitas ketika diterapkan untuk eksperimen yang terdiri dari beberapa faktor, namun pengetahuan awal dalam eksperimen merupakan prasyarat dalam melakukan percobaan untuk menentukan tingkat yang sesuai dan faktor desain (Phadke, 2008).



Gambar 4 Taguchi Design Procedure (Zhang et al, 2007)

2.2.2 Orthogonal Array

Pada tahap Taguchi, setelah menyimpulkan tahap perencanaan percobaan, proses berikutnya adalah mengembangkan *design of experiment*. Menurut Soejanto (2008) dalam melaksanakan metodologi rekayasa kualitas, penentuan matriks orthogonal sangat penting dan merupakan sesuatu yang tidak dapat diabaikan. *Orthogonal array* diatur berdasarkan pada tingkat faktor yang seimbang dan dapat dipisahkan dari faktor lain yang mempengaruhi eksperimen.

2.2.3 Analisis of Variance (ANOVA)

ANOVA atau analisis tabel varians untuk variabel respon adalah alat yang sangat berguna untuk mengidentifikasi efek utama dan interaksi beberapa faktor yang signifikan dalam statistik cara. Analisis varians mampu memperluas pengujian kesamaan dari rata-rata dua nilai dan menjadi rata-rata dari beberapa nilai yang sama secara bersamaan (Wibisono, 2005).

3. Pembahasan

Berdasarkan Taguchi *orthogonal array*, maka dilakukan eksperimen sebanyak 18 kali dengan perhitungan jumlah warna serta perhitungan *error rate* dari setiap komposisi warna *red*, *green*, dan *blue* (RGB). Jumlah nilai warna yang diukur hanya sebesar 100 x 40 piksel pada citra yang ditangkap. Perhitungan *error rate* berdasarkan

perbandingan jumlah nilai warna setelah proses dengan jumlah nilai warna acuan. Hasil perhitungan *error rate* dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Error Rate* Jumlah Nilai Warna

Eksperimen No	Jumlah nilai warna acuan			Jumlah nilai warna setelah proses			Waktu Proses (detik)	Nilai <i>error</i>		
	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue		R	G	B
1	569052	37783	4551	344634	24938	3150	0,4555	39,44%	34,00%	30,78%
2	515231	31622	2923	513397	32868	2998	0,2501	0,36%	3,94%	2,57%
3	470493	31038	2725	799893	56905	5016	0,2419	70,01%	83,34%	84,07%
4	575350	43054	12036	345842	26499	7148	1,087	39,89%	38,45%	40,61%
5	511136	30536	11010	512983	31858	11374	1,0414	0,36%	4,33%	3,31%
6	473981	33302	6898	808862	57401	11966	1,1202	70,65%	72,37%	73,47%
7	558421	38791	8736	556322	37961	8925	4,1115	0,38%	2,14%	2,16%
8	506666	29255	9756	862938	51577	18419	4,7883	70,32%	76,30%	88,80%
9	459844	31299	5300	278354	19287	4158	4,2011	39,47%	38,38%	21,55%
10	571091	38535	4590	972855	68223	8057	0,5033	70,35%	77,04%	75,53%
11	515231	31622	2923	308726	18129	1947	0,4214	40,08%	42,67%	33,39%
12	469119	30792	2723	472762	30694	2750	0,4142	0,78%	0,32%	0,99%
13	565145	49247	11284	574051	42862	11416	2,0778	1,58%	12,97%	1,17%
14	512257	31044	11307	869917	52862	19206	2,4786	69,82%	70,28%	69,86%
15	476036	34104	6853	286622	20852	4389	2,2253	39,79%	38,86%	35,96%
16	559108	34090	8633	946237	54495	13191	10,4863	69,24%	59,86%	52,80%
17	510085	28768	10762	306501	16267	6853	10,5622	39,91%	43,45%	36,32%
18	461336	31542	6038	461791	31737	5584	10,6677	0,10%	0,62%	7,52%

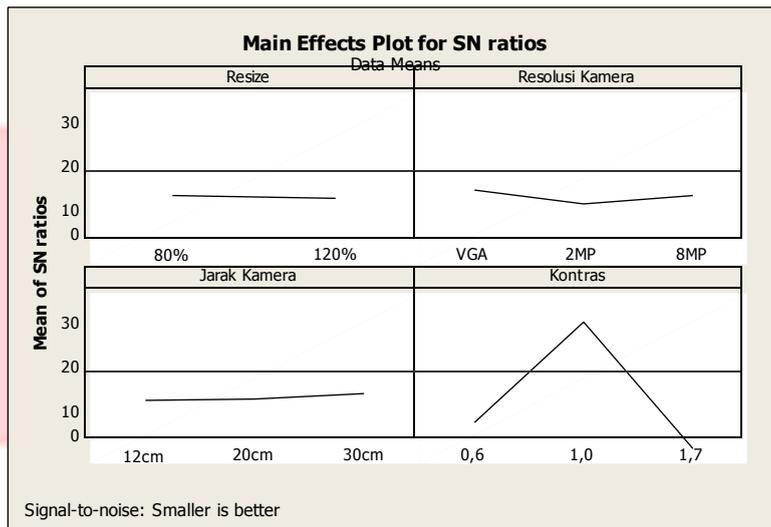
Berdasarkan Tabel V.19 untuk setiap perubahan nilai kontras kecil dari satu (kontras < 1) didapatkan penurunan jumlah nilai warna untuk warna dasar merah, hijau, dan biru terhadap jumlah nilai warna acuan. Pada eksperimen nomor 1, jumlah nilai warna merah mengalami penurunan dari 569.052 menjadi 349.934 satuan nilai warna, jumlah nilai warna hijau turun dari 37.783 menjadi 24.938 satuan nilai warna, dan jumlah nilai warna biru turun dari 4.551 menjadi 3.150 satuan nilai warna. Hal ini juga dibuktikan pada eksperimen nomor 4, 9, 11, 15 dan 17. Untuk setiap perubahan nilai kontras besar dari 1 (kontras > 1) didapatkan kenaikan jumlah nilai warna terhadap jumlah nilai warna acuan. Pada eksperimen nomor 3, jumlah nilai warna merah mengalami kenaikan dari 470.493 menjadi 799.893 satuan nilai warna, jumlah nilai warna hijau naik dari 31.038 menjadi 56.505 satuan nilai warna, dan warna biru naik dari 2.725 menjadi 5.016 satuan nilai warna. Hal ini juga dibuktikan pada eksperimen nomor 6, 8, 10, 14 dan 16. Sedangkan untuk nilai kontras yang tidak diubah (kontras = 1), baik warna merah, hijau, dan biru, beberapa mengalami kenaikan dan beberapa mengalami penurunan jumlah nilai warna. Waktu proses pengolahan citra lebih dipengaruhi faktor *resize* dan resolusi kamera. Semakin besar citra mengalami *resize* (*resize* > 100%), maka waktu proses pengolahan citra cenderung mengalami kenaikan. Hal ini juga berlaku untuk resolusi kamera. Semakin besar resolusi kamera, semakin lama waktu proses yang dibutuhkan untuk pengolahan citra.

3.1 Analisis *Signal To Noise Ratio* (S/N)

Berdasarkan perhitungan rasio S/N menggunakan *software* Minitab 16 didapatkan hasil untuk tingkat pada setiap faktor yang paling berpengaruh pada eksperimen ini. Tabel 2 memperlihatkan hasil rasio S/N untuk setiap faktor dan *level*. Posisi untuk setiap *level* pada masing-masing faktor ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Tingkat	Faktor			
	Resolusi kamera	Jarak Kamera	Kontras	Resize
Low	15,527	13,572	8,628	14,462
Medium	12,475	13,823	30,941	
High	14,352	14,959	2,785	13,774



Gambar 5 Grafik Hasil Rasio (S/N)

Sesuai dengan pemilihan karakteristik rasio S/N “smaller is better”, maka tingkat untuk faktor *resize* yang berpengaruh pada hasil eksperimen ini yaitu tingkat *high* (120%), tingkat untuk faktor resolusi kamera yaitu tingkat *medium* (2 MP), tingkat untuk faktor jarak kamera yaitu tingkat *low* (12cm), dan tingkat untuk faktor kontras yaitu tingkat *high* (1,7).

3.2 Analisis statistik

3.2.1 Uji Normalitas error rate

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui kenormalan distribusi data menggunakan Kolmogorov-Smirnov Test melalui *software* Minitab 16. Apa bila nilai *Asymp. Sig.* suatu variabel lebih besar dari *level of significant* 5% (> 0.050) maka variabel tersebut terdistribusi normal, sedangkan jika nilai *Asymp. Sig.* suatu variabel lebih kecil dari *level of significant* 5% (< 0.050) maka variabel tersebut tidak terdistribusi dengan normal.

Hipotesis hasil uji normalitas:

H0 : *error rate* jumlah nilai warna berdistribusi normal.

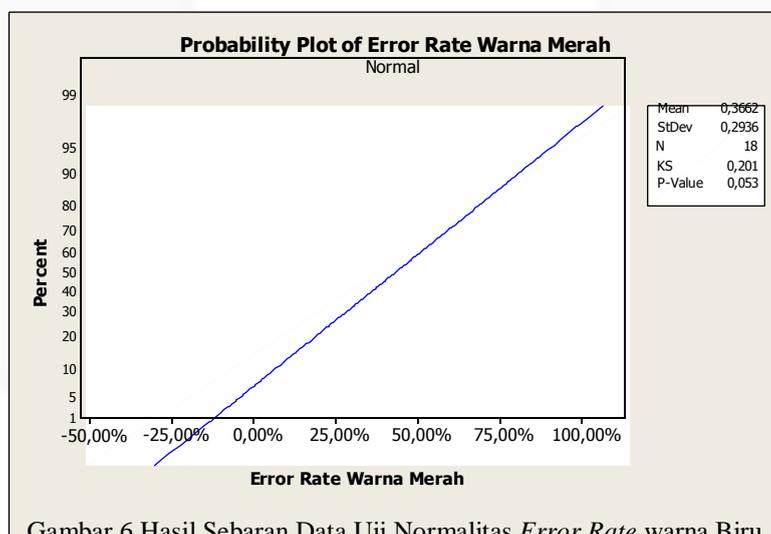
H1 : *error rate* jumlah nilai warna tidak berdistribusi normal.

α : 5%

Kriteria: tolak H0 apabila *P-value* < α

3.2.1.1 Uji Normalitas error rate warna merah

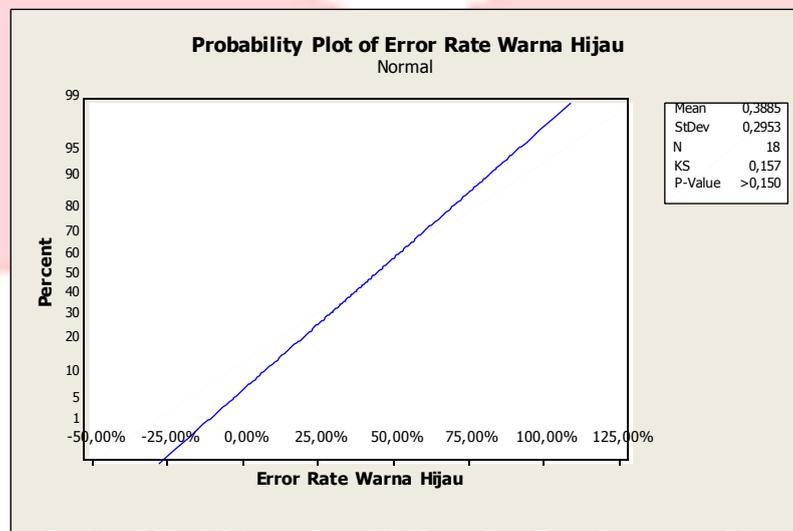
Grafik pada Gambar 6 menunjukkan sebaran 18 data hasil eksperimen dan hasil uji normalitas untuk *error rate* pada jumlah nilai warna merah. *Error rate* jumlah nilai warna merah dinyatakan berdistribusi normal dengan nilai *asymp. sig.* (*P-value* = 0,053) lebih besar dari nilai *level of significant* sebesar 5% (*P-value* > 0,050). Berdasarkan hasil analisis uji normalitas, maka hasil perhitungan *error rate* jumlah nilai warna merah pada palet berwarna merah akan diteruskan ke tahap statistika parametrik.



Gambar 6 Hasil Sebaran Data Uji Normalitas Error Rate warna Biru

3.2.1.2 Uji Normalitas *error rate* warna hijau

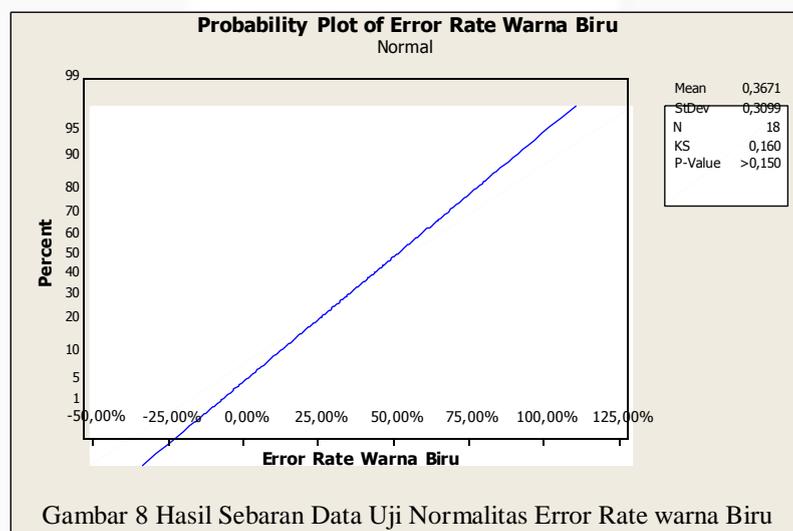
Gambar 7 memperlihatkan sebaran data hasil uji normalitas untuk *error rate* jumlah nilai warna hijau. *Error rate* jumlah nilai warna hijau dinyatakan berdistribusi normal dengan nilai *asympt. sig.* (*P-value* > 0,150) lebih besar dari nilai *level of significant* sebesar 5%. Berdasarkan hasil analisis uji normalitas, maka hasil perhitungan *error rate* jumlah nilai warna hijau pada palet berwarna merah akan diteruskan ke tahap statistika parametrik.



Gambar 7 Hasil Sebaran Data Uji Normalitas Error Rate warna Biru

3.2.1.3 Uji Normalitas *error rate* warna biru

Sebaran data hasil uji normalitas untuk *error rate* pada jumlah nilai warna biru. *Error rate* jumlah nilai warna biru dinyatakan berdistribusi normal dengan nilai *asympt. sig.* (*P-value* > 0,150) lebih besar dari nilai *level of significant* sebesar 5%. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Hasil Sebaran Data Uji Normalitas Error Rate warna Biru

3.2.2 Analysis Variance (ANOVA) untuk Respon *Error Rate*

Perhitungan untuk analisis varians ini menggunakan *software* statistik Minitab 16. Jika *P-value* dari statistik diuji kurang dari α (5%) (*P-value* < 0,050), maka faktor-faktor respon secara signifikan berpengaruh untuk percobaan. Namun, jika *P-value* dari statistik diuji lebih dari α (5%) (*P-value* > 0,050), maka faktor respon tidak memiliki efek apapun terhadap eksperimen.

Hipotesis hasil uji normalitas:

H₀ : faktor tidak memiliki pengaruh.

H₁ : faktor memiliki pengaruh yang signifikan.

α : 5%

Kriteria: tolak H₀ apabila *P-value* < α

Berdasarkan hasil analisis variansi *error rate* jumlah nilai warna merah yang ditunjukkan pada Tabel 3 menggunakan *software* Minitab 16, hanya faktor kontras yang memiliki nilai *P-value* kecil dari α ($0,001 < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa faktor kontras memiliki pengaruh yang signifikan terhadap eksperimen.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Analisis Varians (ANOVA)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Resize	1	0,00018	0,00018	0,00018	0,79	0,396
Resolusi Kamera	2	0,00027	0,00027	0,00014	0,58	0,578
Jarak Kamera	2	0,00023	0,00023	0,00011	0,49	0,629
Kontras	2	1,46205	1,46205	0,73103	3128,58	0,001
Error	10	0,00234	0,00234	0,00023		
Total	17					

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan perhitungan rasio *S/N* (*signal to noise*) dengan karakteristik "*smaller is better*", maka faktor yang terpilih yaitu kombinasi faktor *resize* (120%) dengan nilai rasio *S/N* sebesar 13,774, resolusi kamera (2MP) dengan nilai sebesar 12,475, jarak kamera (12 cm) dengan nilai sebesar 13,572 dan kontras (1,7) dengan nilai sebesar 2,785.
2. Berdasarkan hasil penelitian pada palet berwarna merah, pada percobaan pertama diperoleh *error rate* jumlah nilai warna merah, hijau, dan biru masing-masing sebesar 38,5%, 34,00%, dan 30,78% dengan waktu proses komputasi 0,4555 detik. Pada percobaan kedua diperoleh *error rate* jumlah nilai warna merah, hijau, dan biru masing-masing 0,2%, 3,94%, dan 2,57% dengan lamanya waktu proses komputasi 0,2501 detik. Sedangkan pada percobaan ketiga diperoleh *error rate* jumlah nilai warna merah, hijau, dan biru masing-masing 70,01%, 83,34%, dan 84,07% dengan lamanya waktu proses komputasi 0,2419 detik. Berdasarkan ketiga hasil eksperimen tidak terlihat adanya hubungan antara *error rate* jumlah nilai warna dan waktu proses komputasi pengolahan citra atau pengaruh lamanya waktu proses komputasi dengan hasil perhitungan *error rate* jumlah nilai warna.

Daftar Pustaka

- Andriessen, D. R., Harianto, & Wibowo, M. C. (2012). PENGENDALIAN MOBILE ROBOT BERBASIS WEBCAM MENGGUNAKAN PERINTAH ISYARAT TANGAN.
- Atmaja, D.S.E. 2015. Optimasi Pengukuran Dimensi dan Cacat Permukaan Ubin Keramik Menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Full Factorial Design. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Dikson, D. 2006. Application of Design of Experiment (DOE) Techniques to Process Validation in Medical Device Manufacture. Rosewood.
- Groover, M. P. (2002). Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacture - Second Edition. John Wiley & Sons.
- Irawan, Feriza A. (2012). Buku Pintar Pemrograman MATLAB. Yogyakarta: Penerbit Mediakom.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kumaseh, M. R., Latumakulita, L., & Nainggolan, N. (2013). SEGMENTASI CITRA DIGITAL IKAN MENGGUNAKAN METODE THRESHOLDING. *Jurnal Ilmiah Sains Vol. 13 No. 1, April 2013*.
- Nahla (2012). Tracking Bola Menggunakan Robotino®.
- Pratiwi, D., Putra, A. P., Sim, P. H., & Kartowisastro, I. H. (2014). *Segmentasi Objek di bawah Pengaruh Pencahayaan*. Universitas Bina Nusantara.
- Roy, R. (1990). *A Primer on the Taguchi Method*. United States of America.
- Sidi, P., & Wahyudi, M. T. (2013). Aplikasi Metoda Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.2 Tahun 2013: 101-108 ISSN 0216-468X*.