Perancangan Alat Deteksi *Defect* Kemasan Gelas Plastik Dengan Metode *Quality Function Deployment* (QFD) Di PT XYZ

Umar Wirayudha
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
umarwirayudha@student.telkomuniversity.ac.id

Haris Rachmat
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
harisrachmat@telkomuniversity.ac.id

Ayudita Oktafiani
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
ayuditaoktafiani@telkomuniversity.ac.id

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam sektor F&B* Food & Beverages*. Produk utama dari PT. XYZ berupa gelas plastik untuk minuman ringan dan juga sedotan plastik dengan berbagai macam ukuran. Dengan memudarnya pandemi COVID-19,* demand *dari produk makanan dan minuman kembali naik. Mengikuti kenaikan tersebut, perusahaan harus meningkatkan jumlah produksinya untuk dapat memenuhi* demand *pelanggan. Naiknya jumlah produksi memunculkan masalah tingkat* defect *yang tinggi akibat berkurangnya kemampuan pengendalian kualitas produksi dalam meredam produk cacat. Salah satu masalah yang menyebabkan berkurangnya kemampuan pengendalian tersebut adalah ketidakseimbangan antara kecepatan produksi dengan kecepatan pengendalian yang masih dilakukan oleh tenaga kerja manusia. Penelitian ini berfokus untuk merancang sebuah alat dengan metode* Quality Function Deployment *(QFD) yang dapat menyelesaikan masalah pengendalian kualitas produksi. Produk yang diusulkan berupa sensor visual yang dapat mendeteksi cacat pada produk gelas plastik dan memberikan peringatan kepada operator. Hasil yang diharapkan setelah menerapkan alat usulan ini adalah meningkatnya efisiensi dari proses pengendalian kualitas produksi.

Kata kunci—Otomasi, QFD, Industri 4.0, Pengendalian Kualitas, Sensor Visual

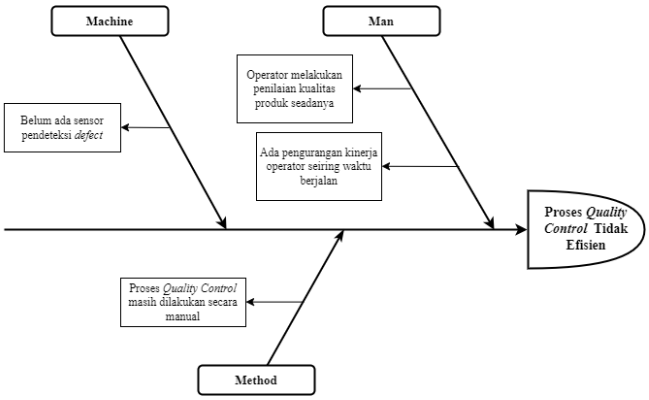
I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2020, adanya pandemi Covid-19 membawa penurunan ekonomi terutama pada sektor makanan dan minuman yang mana sangat berdampak pada perusahaan dan juga pelaku usaha yang berkecimpung di dalamnya. Gabungan Pengusaha Makanan dan Minuman Seluruh Indonesia (GAPMMI) memperkirakan bahwa industri makanan dan minuman akan tumbuh sebesar 7% pada akhir 2021 setelah sebelumnya pada akhir tahun 2020 tercatat sempat turun hingga 5%. Untuk menghadapi perkiraan peningkatan *demand* pada tahun mendatang PT.XYZ berencana untuk meningkatkan tingkat produksi untuk dapat memenuhi *demand* yang ada.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur pembuatan kemasan untuk produk F&B *Food & Beverage* yang berlokasi di kawasan industri Cikarang, Bekasi. PT. XYZ memiliki kapasitas produksi 1 tahun sebesar ±5.500 ton yang dibagi oleh dua jenis produk yaitu cup sebanyak < 4.000 ton dan straw < 1.500 ton.

Selama masa peralihan setelah COVID-19, naiknya *demand* akan produk F&B *Food and Beverages* meningkat kembali setelah sebelumnya turun pada tahun 2019-2020. Untuk menghadapi naiknya kembali *demand* terhadap produk F&B, PT. XYZ meningkatkan tingkat produksinya dari yang sebelumnya 3.238 ton pertahun 2020 menjadi lebih dari 3.600 ton produk cup dalam tahun 2021. Peningkatan produk ini tidak hanya membawa keuntungan bagi perusahaan, namun juga meningkatkan resiko terjadinya *defect*. Pada tahun 2020 tercatat ada kurang dari 1.000 ton produk yang mengalami *defect* dan harus didaur ulang kembali. Sedangkan pada tahun 2021 tercatat kenaikan *defect* produk mencapai lebih dari 1.700 ton. Adapun jenis *defect* yang terjadi dalam proses pembuatan kemasan gelas plastik berupa cacat fisik seperti remuk, bolong, atau dimensi yang tidak sesuai standar.

Dalam sistem aktual, proses *quality control* masih dilakukan secara manual oleh operator tanpa bantuan alat bantu. Proses inspeksi dilakukan dengan cara memperhatikan seluruh gelas satu per satu, dan apabila ada produk *defect* yang terdeteksi oleh operator, produk akan dipisah secara langsung dengan tangan. Hal tersebut mengakibatkan proses *quality check* aktual menjadi tidak efisien. Berikut adalah hasil identifikasi akar masalah yang dilakukan dengan bantuan *cause and effect diagram*, yang kemudian dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *tools 5 why analysis*.



Gambar 1. Cause and Effect Diagram

Mengikuti perkembangan industri yang sudah mencapai *Industry 4.0*, penggunaan teknologi untuk mengatasi berbagai masalah pun menjadi hal wajar. Sensor merupakan salah satu alat yang bekerja sebagai *inspektor* apabila diterapkan pada proses produksi. Penggunaan sensor sangat fleksibel karena sudah terdapat banyak sekali jenis sensor yang ada seperti sensor suhu, sensor berat, dan sebagainya. Terdapat juga sensor visual yaitu sensor yang memiliki

kemampuan untuk memproses data yang direkam secara visual menggunakan kamera sehingga dapat melakukan proses inspeksi secara cepat dan akurat dengan mendeteksi permukaan dari produk. Penelitian kali ini bertujuan untuk menciptakan sebuah alat bantu usulan berupa sensor visual yang dapat membantu meningkatkan efisiensi proses *quality check* produksi kemasan gelas plastik dengan metode perancangan produk *Quality Function Deployment* (QFD).

II. KAJIAN TEORI

A. *Quality Control*

Pengendalian kualitas adalah salah satu aspek penting yang harus terjadi dalam proses produksi dalam industri manufaktur. Aspek tersebut menjadi salah satu penentu kualitas dan mutu dari hasil produksi industri manufaktur yang berkaitan dengan tingkat kepuasan konsumen. Kualitas adalah suatu ukuran yang biasanya diukur dalam beberapa karakteristik seperti performansi (*performance),* keandalan (*reliability)*, kemudahan penggunaan (*ease of use)*, estetika, dan sebagainya. Kualitas juga merupakan sebuah takaran dari suatu produk yang diharapkan oleh pengguna untuk dapat memuaskan kebutuhan atau keinginannya [1]. Kegiatan pengendalian sendiri adalah proses yang dilakukan untuk mengawasi standar, mengukur, serta melakukan tindakan perbaikan selagi proses produksi berjalan [2]. Menurut konsep yang diperkenalkan Edward Deming, proses *quality control* dapat dilakukan dengan memenuhi proses PDCA (*Plan, Do, Check, Action*).

B. Sistem Otomasi

Otomasi adalah teknologi yang menggabungkan aplikasi dari sistem mekanik, elektronik, dan komputerisasi melalui proses atau prosedur. Teknologi ini diprogram sedemikian rupa untuk dapat memenuhi tujuan tertentu dan biasanya dikombinasikan dengan perangkat umpan balik otomatis untuk memastikan bahwa fungsi dan instruksi yang diberikan berjalan dengan benar. Sistem otomasi terdiri dari tiga unsur utama yaitu *input* berupa sensor*, proses* berupa CCU (*Central Control Unit*)*,* dan *output* berupa aktuator.

C. *Cause and Effect Diagram*

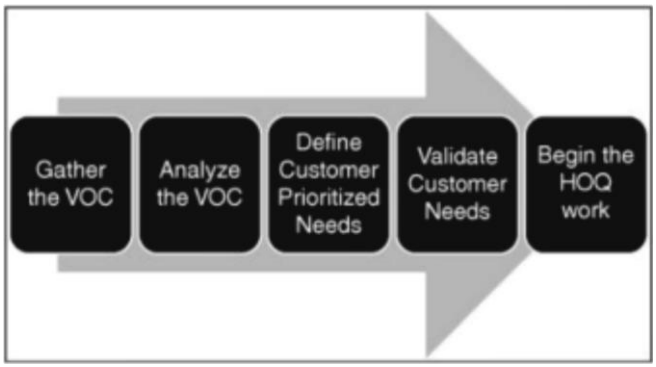
Cause and effect diagram atau *fishbone diagram* adalah salah satu alat dari QC 7 *Tools* yang digunakan untuk menganalisis akar penyebab dari sebuah permasalahan [3]. Dalam proses pembuatan *cause and effect diagram*, pengguna dapat menggunakan kategori *materials, methods, equipment, environment,* dan *people* untuk mengeksplorasi kemungkinan penyebab dari terjadinya suatu masalah atau kendala. Setelah mengetahui kemungkinan yang menyebabkan terjadinya masalah, kemungkinan tersebut kemudian disusun pada *fishbone* diagram dimana pada bagian kanan atau kepala ikan terdapat masalah yang dihadapi, sedangkan pada bagian kiri merupakan faktor atau akar penyebab masalah yang digambarkan sebagai tulang ikan [4].

D. *5 Why Analysis*

Analisis 5 *Why* adalah sebuah teknik yang digunakan untuk memecahkan masalah yang memungkinkan pengguna untuk menemukan akar masalah dengan cepat [5]. Dalam penerapannya, metode ini menggunakan strategi yang mana pengguna akan bertanya "kenapa?" secara berulang kali hingga mendapatkan 5 jawaban terbaik.

E. *Quality Function Deployment* (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) adalah sebuah metode yang digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna dan bagaimana dapat memenuhi kebutuhan tersebut [6]. Menurut [7] QFD pada dasarnya adalah proses perencanaan yang menggunakan pendekatan kualitas untuk merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan produk baru yang didasari oleh kebutuhan dan nilai kepentingan pelanggan. Berikut adalah lima tahapan dalam proses QFD menurut (Ficalora, 2009)



Gambar 2 Proses QFD
(Sumber : Ficalora, 2009)

F. *Quality Function Deployment* (QFD)

House of Quality (HOQ) adalah teknik grafis yang digunakan pada metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk menggambarkan hubungan antara produk dengan kebutuhan atau keinginan konsumen. (Hairiyah dkk., 2021).

Pembuatan HOQ bertujuan untuk melihat seluruh informasi yang telah terkumpul seperti kebutuhan konsumen, karakteristik teknis produk, hubungan karakteristik teknis dan kebutuhan konsumen, serta *benchmarking* terhadap kebutuhan konsumen (Caesaron & Luisiani, t.t, 2016). Terdapat enam bagian pada matriks HOQ yaitu *customer needs, planning matrix, technical response, relationships, technical corelations,* dan *technical matrix.*

1. *Customer needs*
   Berisi Voice of *Customer* (VOC) yang telah diterjemahkan menjadi *customer needs* yang diperoleh dari hasil wawancara atau quisioner
2. *Planning matrix*
   Berisi persepsi pelanggan terhadap alat bantu usulan. Dalam *planning matrix* terdapat beberapa kategori yaitu *Importance to Customer, Current satifsaction on performance, Goal, Improvement ratio,* dan *Weight.* Tabel *planning matrix* menggunakan data performansi yang didapat dari data kuisioner tingkat kepentingan dan kepuasan pelanggan. Data tersebut kemudian diolah menjadi bentuk *Weighted Average Performance* dengan rumus:

$$WAP = \frac{Score \text{ x } Number\ of\ Respondent\ Answered}{Total\ of\ Respondent\ Answered} \quad (1)$$

   Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan dalam tabel *planning matrix*:

$$Goal = \frac{WAPi + WAPs}{NWAP} = \overline{WAP} \quad (2)$$

$$IR = \frac{Goal}{WAPs} \quad (3)$$

$$Raw\ Weight = WAPi \times IR \times SP \quad (4)$$

$$Normalized\ RW = \frac{RW}{RW_n + RW_{n+1} + \cdots + RW_m} \quad (5)$$

Keterangan:
WAPi = WAP Importance
WAPs = WAP Satisfaction
NWAP = Jumlah Data WAP
IR = Improvement Ratio
SP = Sales Point
RW = Raw Weight
n = Data pertama
m = Data terakhir

3. *Technical response*
Bagian ini berisi hasil terjemahan *customer needs* yang diterjemahkan ke dalam bentuk spesifikasi teknis
4. *Relationships*
Bagian ini ditentukan hubungan antara *customer needs* dengan *technical response*. Penentuan hubungan dilakukan dengan memberikan nilai acuan sesuai jenis hubungan. Nilai yang digunakan adalah 0 (tidak terkait), 1 (mungkin berkaitan), 3 (cukup berkaitan), dan 9 (sangat berkaitan). Berdasarkan nilai acuan tersebut, ditentukan nilai kontribusi dengan rumus:

$$CV = Score \times Normalized\ RW \quad (6)$$

Keterangan:
CV = Contribution Value
RW = Raw Weight

5. *Technical Correlations*
Bagian ini ditentukan hubungan antar *technical response*. Penentuan hubungan dilakukan dengan simbol √ (*moderate positive impact*), √√ (*strong positive impact*), X (*moderate negative impact*), XX (*strong negative impact*), dan apabila kosong menandakan tidak ada hubungan antara kedua *technical response*
6. *Technical Matrix*
Bagian ini berisi mengenai hasil *ranking* yang dihitung berdasarkan tingkat hubungan antara *technical response* dengan *customer needs.* Pada *technical matrix* dilakukan perhitungan beban yang menentukan peringkat prioritas spesifikasi teknis. Perhitungan beban dilakukan menggunakan rumus:

$$RW = CV_n + CV_{n+1} + \cdots + CV_m \quad (7)$$

$$Normalized\ RW = \frac{RW}{RW_n + RW_{n+1} + \cdots + RW_m} \quad (8)$$

Keterangan:
RW = Raw Weight
CV = Contribution Value
RW = Raw Weight
n = Data pertama
m = Data terakhir

G. *Confusion Matrix*

Confusion matrix adalah tabel yang digunakan untuk menggambarkan hasil pengujian sampel dari suatu model dimana hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel perbandingan [8]. Dalam tabel *confusion matrix*, terdapat 4 bentuk yang digunakan antara lain:

1) True Positive (TP) menandakan hasil prediksi dan keadaan aktual sama sama positif
2) False Positive (FP) menandakan hasil prediksi adalah positif dimana pada kondisi aktualnya adalah negatif
3) False Negative (FN) menandakan hasil prediksi adalah negatif dimana pada kondisi aktualnya adalah positif
4) True Negative (TN) menandakan hasil prediksi dan keadaan aktual sama sama negatif

Dari sebuah *confusion matrix* dapat dilakukan evaluasi akurasi, *error rate,* dan presisi yang dapat dihitung dengan rumus:

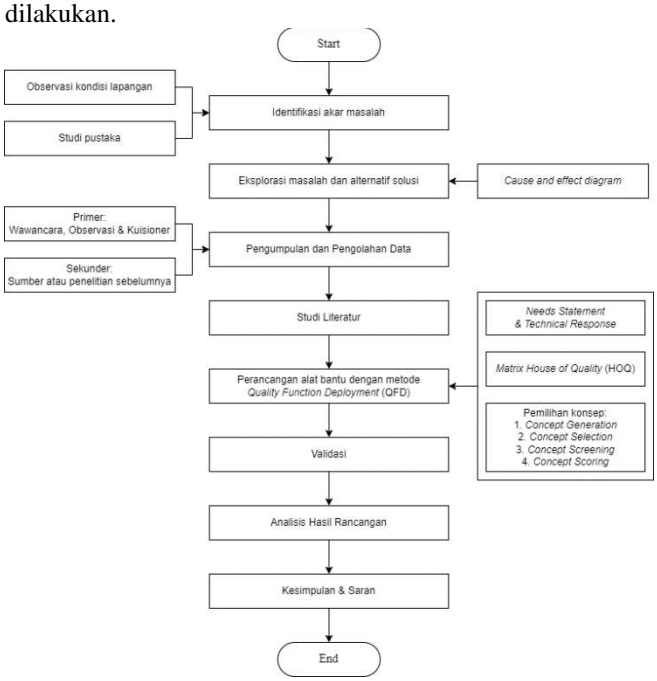
$$Akurasi\ (\%) = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (9)$$

$$Error\ Rate\ (\%) = \frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (10)$$

$$Presisi\ (\%) = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (11)$$

III. METODE

Penelitian difokuskan untuk merancang alat bantu usulan dalam proses *quality control* produk gelas plastik ukuran 10oz. Berikut merupakan penjelasan metode penelitian yang dilakukan.



Gambar 3 Sistematika Perancangan

Penelitian ini diawali dengan pengamatan dan observasi kondisi area produksi di perusahaan serta melakukan studi pustaka. Tahapan awal ini berfungsi untuk mendefinisikan masalah atau kendala yang saat ini sedang dihadapi oleh pelanggan. Berdasarkan hal tersebut dilakukan proses

penelitian yang diawali dari pengumpulan data yang dilakukan dengan observasi area produksi dan juga melakukan wawancara terhadap operator yang berhubungan langsung dengan proses produksi, kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dibantu oleh matriks *House of Quality* (HOQ), analisis hasil rancangan yang berisi pengujian fungsi dan akurasi alat bantu usulan, validasi hasil rancangan, dan ditutup dengan sebuah kesimpulan dan saran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Needs Statement

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada seorang operator mesin, terdapat beberapa harapan yang dirangkum ke dalam bentuk *needs statement* yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Needs Statement

Needs Statement	**Kode**
Produk dapat mendeteksi gelas yang memiliki karakteristik tidak sesuai (*defect*)	V1
Produk dapat melakukan proses *quality check* secara otomatis	V2
Produk dapat memberikan peringatan apabila terdapat produk *defect*	V3
Produk dapat mencatat hasil observasi kedalam bentuk digital	V4
Produk mudah untuk digunakan	V5

B. Technical Response

Needs statement yang didapatkan kemudian di analisis lagi untuk mencari tahu kebutuhan teknis dari alat bantu yang dibutuhkan. Berikut merupakan spesifikasi teknis atau *technical response* yang didapatkan.

Tabel 2 Technical Response

Need Statement	***Technical response***	**Kode**
Produk dapat mendeteksi gelas yang memiliki karakteristik tidak sesuai	Terdapat kamera	K1
Produk dapat melakukan proses *quality check* secara otomatis	Terdapat algoritma pengklasifikasian	K2
Produk dapat memberikan peringatan apabila terdapat produk *defect*	Terdapat indikator peringatan	K3
Produk dapat mencatat hasil observasi kedalam bentuk digital	Memiliki fitur pencatatan log	K4
Produk mudah digunakan	Tampilan *user* friendly	K5
	Terdapat layar tampilan	K6

C. Matriks *House of Quality* (HOQ)

Sebelum melakukan analisa pada matriks HOQ, perlu diketahui nilai yang diberikan oleh pelanggan terhadap alat bantu usulan. Nilai nilai tersebut ditampilkan dalam tabel *planning matrix* berikut.

Normalized raw weight	**Importance to Customer**	**Current satisfaction performance**	**Goal**	**Improvement ratio**	**Sales point**	**Raw weight**
0.25	4.00	3.50	3.75	1.07	1.5	6.43
0.23	4.00	4.00	4.00	1.00	1.5	6.00
0.20	3.50	3.50	3.50	1.00	1.5	5.25
0.22	3.50	3.00	3.25	1.08	1.5	5.69
0.10	2.50	2.50	2.50	1.00	1	2.50

Gambar 4 Planning Matrix

Nilai *raw weight* yang didapatkan pada *planning matrix* bersamaan dengan *scoreing value* yang telah ditentukan untuk menggambarkan hubungan antara *needs statement* dan *technical response* akan menjadi dasar perhitungan untuk mendapatkan nilai kontribusi dari setiap *technical response* yang dapat dilihat pada gambar berikut.

Technical Response / **Needs Statement**		**Terdapat kamera**	**Terdapat algoritma pengklasifikasian**	**Terdapat indikator lampu**	**Memiliki fitur pencatatan log**	**Interface user friendly**	**Terdapat layar tampilan**
		K1	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**	**K6**
Produk dapat mendeteksi gelas yang memiliki karakteristik tidak sesuai	**V1**	3	3	0	0	1	0
Contribution Value		0.745599	0.745599	0	0	0.248533	0
Produk dapat melakukan proses quality check secara otomatis	**V2**	1	0	3	9	0	1
Contribution Value		0.248533	0	0.745599	2.236797	0	0.248533
Produk dapat memberikan peringatan apabila terdapat produk defect	**V3**	9	1	0	0	0	1
Contribution Value		2.236797	0.248533	0	0	0	0.248533
Produk dapat mencatat hasil observasi kedalam bentuk digital	**V4**	0	0	0	0	1	0
Contribution Value		0	0	0	0	0.248533	0
Produk mudah digunakan	**V5**	0	9	1	0	0	1
Contribution Value		0	2.236797	0.248533	0	0	0.248533

Gambar 5 Relationship Matrix

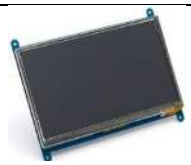
Berdasarkan *relationship matrix*, dilakukan perhitungan kontribusi technical response untuk menentukan urutan prioritas spesifikasi teknis rancangan akhir alat bantu usulan. Berikut merupakan peringkat *technical response* berdasarkan nilai kontribusi terhadap pemenuhan kepuasan pelanggan.

Tabel 3 Peringkat Technical Response

Technical response	**Kontribusi**	**Normalized Raw weight**	**Rank**
Terdapat kamera	3.231	0.295	1
Terdapat algoritma pengklasifikasian	3.231	0.295	1
Memiliki fitur pencatatan log	2.237	0.205	3
Terdapat indikator lampu	0.994	0.091	4
Terdapat layar tampilan	0.746	0.068	5
Interface user friendly	0.497	0.045	6

Berdasarkan hasil tersebut, kemudian dilakukan proses *concept generation, concept selection, concept screening,* dan *concep scoring* yang berfungsi untuk mengetahui konsep rancangan akhir yang dapat dilanjutkan. Berikut merupakan konsep alat bantu yang terpilih menjadi spesifikasi rancangan akhir.

Tabel 4 Spesifikasi Rancangan Akhir

No.	**Spesifikasi**	**Komponen**	**Gambar**
1	Kamera	Livestream Webcam with resolution up to 720p/30fps or higher	
2	Algoritma pengklasifikasian	Bahasa Python dengan algoritma *Computer vision*	
3	*Controller*	Raspberry Pi4	
4	Lampu peringatan	Lampu LED warna merah	
5	Monitor	Portable Monitor 7”	
6	Tampilan *user interface*	GUI	

D. Uji Coba Alat Bantu Usulan

Tahapan uji coba dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien alat bantu yang telah dirancang. Menggunakan *confusion matrix*, pengujian dilakukan kepada sampel 50 produk yang tediri dari produk ‘Good’ dan ‘No-Good’ terbagi dalam perbandingan 7:3. Berikut adalah hasil yang didapatkan dari pengujian akurasi sensor.

N=50	Prediksi	
Aktual	Good	No-Good
Good	35	0
No-Good	2	13

Gambar 6 Confusion Matrix

Berdasarkan *confusion matrix* dapat dilakukan evaluasi akurasi(9), *error rate*(10), dan presisi(11). Setelah melakukan perhitungan didapatkan hasil akurasi sebesar 96%, *error rate* sebesar 4%, dan presisi sebesar 95% yang menandakan bahwa alat bantu memiliki efektivitas yang sangat tinggi dalam mendeteksi produk *defect*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) konsep rancangan alat bantu terpilih akan menggunakan komponen yang terdiri dari Livestream Webcam, algoritma *computer vision*, Raspberry Pi4 sebagai *controller sensor*, Lampu LED merah sebagai indikator, *portable monitor* 7” layar sentuh, dan menggunakan interface GUI.

Pengujian akurasi yang dilakukan berdasarkan hasil *confusion matrix* uji coba menampilkan bahwa sensor memiliki akurasi yang sangat tinggi yaitu sebesar 96% dari 50 kali percobaan dengan perbandingan sampel sebesar 7:3 untuk produk ‘Good’ dan ‘No-Good’. Alat bantu sensor deteksi *defect* memiliki akurasi yang sangat tinggi namun masih diperlukan pengembangan rancangan alat lebih lanjut untuk menutupi batasan dan juga kekurangan yang dihadapi seperti keterbatasan kamera yang membuat kemampuan kamera dalam mendeteksi objek kurang maksimal, dan juga tingginya pengaruh cahaya dan latar belakang dalam proses deteksi.Dengan mempertimbangkan biaya, efektivitas, dan efisiensi yang ditawarkan dari alat bantu usulan ini, perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menerapkan alat bantu usulan ke dalam sistem produksi gelas plastik.

REFERENSI

[1] S. Assauri, "Manajemen Operasi Produksi (Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan)," PT Raja Grafindo, Jakarta, 2016.

[2] T. Deitiana, "Manajemen Operasional Strategi dan Analisa," Mitra Wacana Media, Jakarta, 2011.

[3] C. Chang, W. Zhan and X. Ding, "Lean Six Sigma and Statistical Tools for Engineers and Engineering Managers," Momentum Press Engineering, New York, 2016.

[4] D. H. Besterfield, G. H. Besterfield, M. Besterfield-Sacre and R. Urdhwareshe, Total Quality Management, India: Person Education in South Asia, 2012.

[5] T. V. Stern, Leaner Six Sigma, Routlede Taylor & Francis Group, 2019.

[6] Y. Akao, "The Method for Motivation by Quality Function Deployment (QFD)," 2014.

[7] D. R. Kiran, Quality Function Deployment. Total Quality Management, 10.1016/B978-0-12-811035-5.00030-1, 2017.

[8] D. M. W. Powers, "Evaluation: From Precision, Recall and F-Factor to ROC, Informedness, Markedness & Correlation," *Technical Report SIE-07-001,* 2007.