

Modifikasi Rancangan Mesin *Auto Button Insert* Menggunakan Metode *Quality Function Deployment*

Patricia Laetitia¹, Dewin Purnama^{2*}, Seto Tjahyono², dan Muslimin²

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author: dewin.purnama@mesin.pnj.ac.id

Artikel info: Diterima: 13 Juli 2023 | Disetujui: 14 Agustus 2023 | Tersedia online: 31 Agustus 2023
DOI: 10.32722/jmt.v4i2.5835

Abstrak

Pengembangan mesin industri semakin maju dengan adanya kemajuan teknologi terutama pada peningkatan efisiensi dan kualitas produk. PT. X merupakan salah satu perusahaan penghasil produksi komponen elektrik di Indonesia dan terus mengupayakan keefisienan mesin dalam produksinya. PT. X melakukan pengembangan salah satu mesin produksinya yakni pada mesin auto button insert sebagai mesin pick and place dalam perakitan temperature controller. Memodifikasi rancangan mesin tersebut bertujuan untuk mengurangi waktu siklus tiap produk. Mempersingkat waktu siklus dapat menghasilkan satu mesin yang dapat menanggung kebutuhan dua assembly line baru yang akan dibuat. Waktu siklus mesin yang sebelumnya berjalan 35 detik tiap produk, dipersingkat menjadi 17 detik dengan menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) sebagai metode perancangan mesin baru. Sehingga penurunan cycle time pada mesin ini menurun sebesar 51%.

Kata-kata kunci: Waktu siklus, Ambil dan Letak

Abstract

The development of industrial machinery is advancing with the progress of technology, especially in improving efficiency and product quality. PT. X is one of the electrical component production companies in Indonesia and is continuously striving for machine efficiency in its production. PT. X is developing one of its production machines, namely the auto button insert machine, as a pick and place machine in the assembly of temperature controllers. Modifying the design of the machine aims to reduce the cycle time for each product. Shortening the cycle time can result in one machine accommodating the needs of two new assembly lines that will be created. The previous machine's cycle time, which was 35 seconds per product, is shortened to 17 seconds using the Quality Function Deployment (QFD) method as the approach for designing the new machine. As a result, the cycle time reduction for this machine is 51%.

Keywords: Cycle Time, Pick and Place



1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dalam era revolusi industri berkaitan dengan peningkatan efisiensi dalam rantai manufaktur [1] serta menjadi fokus utama dalam industri manufaktur. Di Indonesia, terjadi pengembangan industri manufaktur melalui inovasi dan pengembangan di setiap sektor industri [2]. PT. X merupakan salah satu industri penghasil komponen elektronik yang fokus pada pengembangan teknologi dalam pembuatan produk dengan menghasilkan kualitas yang baik. Perusahaan ini melakukan pengembangan teknologi dengan mengandalkan inovasi di bagian mesin pembuat produk dan secara linear terus memperbaharui teknologi yang relevan.

Produk komponen elektronik yang dihasilkan oleh PT. X salah satunya adalah *temperature controller*. Upaya peningkatan jumlah produksi *temperature controller* dalam rangka pemenuhan kebutuhan pasar disiasati dengan cara penambahan dua *assembly line* baru pada perusahaan ini. Salah satu mesin perakitan *temperature controller* adalah mesin *auto button insert* yakni mesin yang menggunakan sistem *pick and place* dalam merakit tombol ke *panel display* produk. Pembuatan dua *assembly line* yang baru akan ditanggung dengan satu mesin *auto button insert*, sehingga mesin ini harus dipersingkat waktu siklusnya untuk memenuhi hal tersebut. Maka dari itu dilakukan modifikasi rancangan mesin *auto button insert* dalam memenuhi kebutuhan dari kondisi sebelumnya. Hal tersebut tentunya memerlukan pengembangan perancangan yang optimal.

Metode *Quality Function Deployment* atau biasa disingkat QFD memiliki arti sebagai metode yang mengolah prioritas kebutuhan pelanggan secara subjektif ke dalam tingkatan sistem konseptual dalam proses sistem desain. Metode ini mulai berkembang pada tahun 1972 di Kobe, Jepang dan dikemukakan pertama kali oleh Dr. Yoji Akao [3].

Penggunaan metode ini digunakan dengan cara sistematis untuk mengevaluasi setiap kriteria produk yang diinginkan. Pada jurnalnya, Purwanto telah mengembangkan produk makanan ringan untuk meningkatkan kualitas produk menggunakan empat fase QFD [4]. Fase pertama yang dilakukan dalam metode QFD adalah perencanaan produk menggunakan *tool* yang dinamakan *House of Quality (HoQ)*. *House of Quality (HoQ)* yakni matriks mengenai hubungan antar kebutuhan konsumen dengan respon secara teknis. Matriks ini mencakup *voice of customer* di dalamnya sehingga secara langsung dapat menampilkan karakteristik dan spesifikasi produk yang tersedia. Sehingga setelah melakukan observasi ini diharapkan desain yang dibuat dapat mencapai karakteristik yang diinginkan.

Tujuan dari modifikasi rancangan adalah untuk mempercepat *cycle time* pada mesin sehingga *cycle time* mesin dapat diturunkan dengan target sebesar 51% untuk pembuatan ulang mesin yang baru. Harmanto melaporkan bahwa memodifikasi mesin press dengan menambahkan aktuator pneumatik berhasil menurunkan *cycle time* sebesar 3,6% [5]. Ismoyo juga melakukan memodifikasi sistem kendali pneumatik dengan cara memodifikasi bagian pada sistem kendali pneumatik untuk mengurangi hasil cacat produk [6]. Masruri melakukan perancangan mesin pencacah menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)* [7]. Metode QFD digunakan untuk menentukan skala prioritas dalam pembuatan mesin sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan [7]. Modifikasi rancangan mesin *auto button insert* ditujukan dalam mengurangi *cycle time* mesin yang sebelumnya berjalan 35 detik menjadi 17 detik per produk. Hal yang dilakukan yakni dengan melakukan perancangan dengan metode *Quality Function Deployment (QFD)* dalam perubahan penggerak pneumatik dan motor yang digunakan. Peningkatan efisiensi dan produktivitas bagi industri manufaktur sangat diperlukan [8] dalam upaya meningkatkan daya saing di pasar global serta meningkatkan jumlah produksi untuk peningkatan profitabilitas perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

Modifikasi rancangan mesin *auto button insert* dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang dihadapi oleh perusahaan serta pengenalan dengan mesin yang akan dimodifikasi yang mencakup spesifikasi mesin, alur kerja mesin, waktu operasi mesin, dan konstruksi mesin. Setelah masalah sudah diketahui, maka dilakukan diskusi mengenai hasil permintaan kebutuhan modifikasi rancangan dan dirangkum pada sebuah tabel kebutuhan kemudian diolah dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)* yakni metode untuk pengembangan produk secara terstruktur. Metode ini mengevaluasi tiap kriteria dengan pemenuhan kebutuhan sesuai keinginan pelanggan. Pendekatan QFD dilakukan dengan menggunakan *tools House of Quality (HoQ)* yakni matriks yang merangkum kebutuhan konsumen (*customer requirements*) dan kebutuhan fungsional (*functional requirements*) secara langsung dengan dilanjutkan penilaian subjektif dari kriteria yang ada sehingga didapatkan nilai kepentingan berdasarkan persentase tertinggi. Matriks *House of Quality (HoQ)* membantu untuk mengetahui kebutuhan rancangan sesuai dengan permintaan konsumen. Analisa kebutuhan konsumen ini dilakukan bersamaan dengan pengenalan struktur dan kondisi mesin *auto button insert*

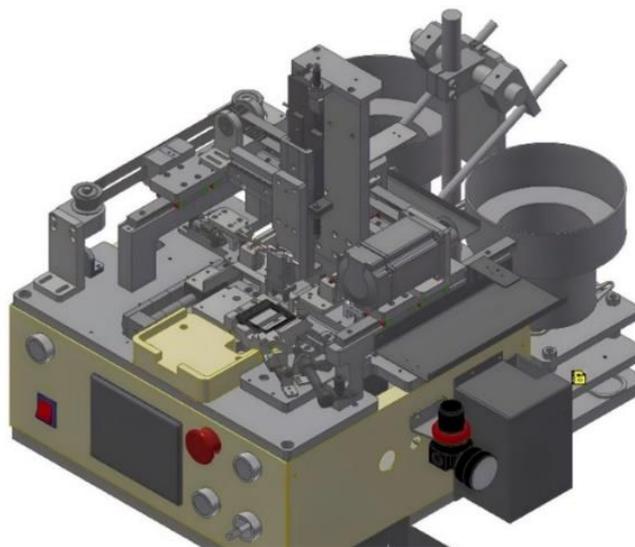
sebelumnya dengan melakukan perancangan di perangkat lunak *Autodesk Inventor* berupa 3D CAD untuk mengetahui alur kerja mesin dan waktu siklus mesin per produk.

Perencanaan konsep rancangan dilakukan setelah kebutuhan diketahui dan ditentukan berdasarkan karakteristik objek yang diinginkan melalui tiga alternatif rancangan berupa *3D modeling* menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor*. Ketiga alternatif rancangan ini dipilih dengan menggunakan pemilihan konsep *screening* dan *scoring* yakni konsep yang memberikan peringkat pada rancangan sehingga didapatkan hasil yang paling optimal dan sesuai dengan permintaan kebutuhan modifikasi rancangan.

Penetapan desain akhir dari rancangan dilakukan dengan cara mempertimbangkan analisis desain dari konstruksi yang dibuat berdasarkan dengan spesifikasi yang dibutuhkan mesin setelah perancangan. Setelah rancangannya memadai dan melampaui standar yang diminta maka rancangan dapat digunakan untuk pembuatan *assembly line* baru.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Sebelum Modifikasi



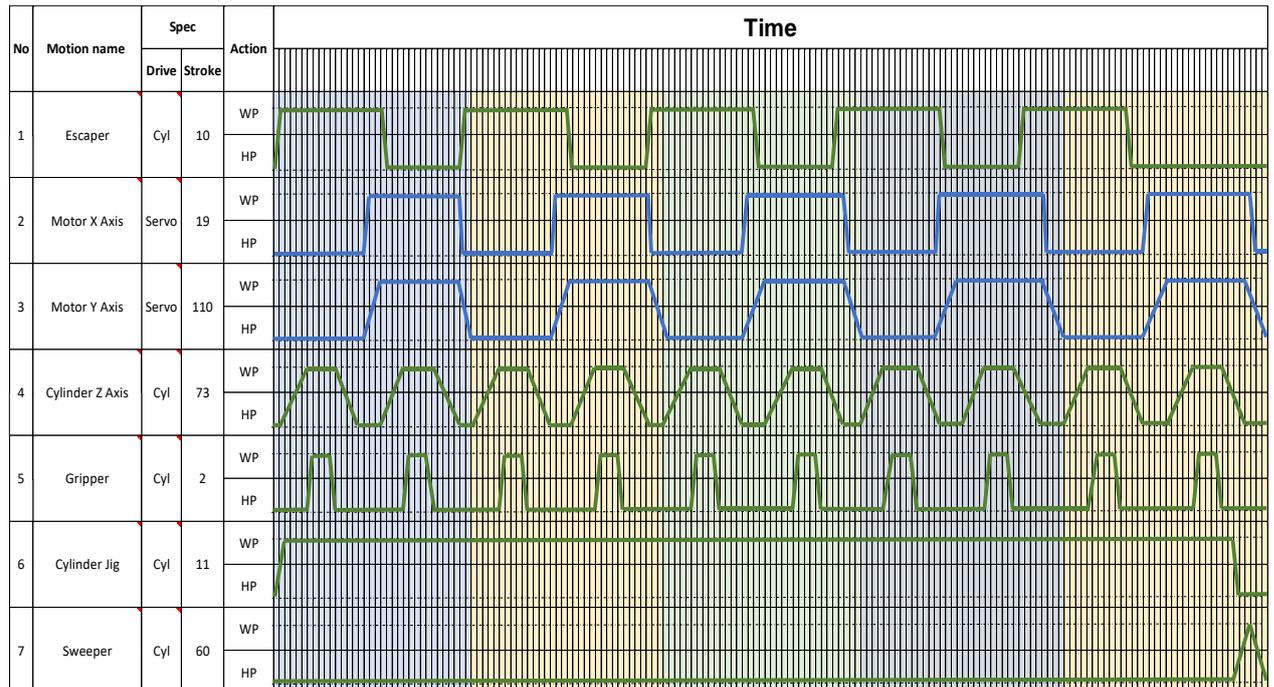
Gambar 1. Desain mesin *auto button insert* sebelum modifikasi

Gambar 1. menunjukkan desain sebelum dilakukan modifikasi. Desain mesin *auto button insert* ini memiliki waktu siklus total 35 detik untuk memasang *button* ke dalam *panel display (casing) temperature controller*. Mesin ini menggunakan aktuator penggerak berupa motor dengan bantuan *timing belt* sebagai penggerak *pick and place* sumbu X dan sumbu Z serta silinder pneumatik sebagai penggerak sumbu Y.

Total waktu siklus yang ada pada desain sebelumnya digambarkan dengan diagram waktu seperti pada Gambar 2 berdasarkan waktu tempuh aktual dari penggerak pada Tabel 1 dengan satu bar mewakili 0,2 detik.

Tabel 1. Penggerak mesin *auto button insert*

No	Penggerak	Kecepatan Aktuator	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh
1	Silinder <i>escaper</i>	50 mm/s	10 mm	0,20 s
2	Silinder <i>jig</i>	50 mm/s	25 mm	0,22 s
3	Motor sumbu X	130 mm/s	19 mm	0,14 s
4	Motor sumbu Y	130 mm/s	110 mm	0,71 s
5	Silinder sumbu Z	85 mm/s	73 mm	0,86 s
6	Silinder <i>gripper</i>	8 mm/s	2 mm	0,25 s
7	Silinder <i>sweeper</i>	85 mm/s	60 mm	0,70 s



Gambar 2. Diagram waktu mesin auto button insert

Analisa Kebutuhan

Tahap pertama untuk melakukan pengembangan mesin dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) adalah menentukan analisa kebutuhan [9]. Dalam hal ini kepentingan dan aspek kebutuhan yang diharapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kepentingan dan aspek kebutuhan

No.	Kebutuhan	Kepentingan
1	Fungsi	5
2	Simplifikasi Desain	4
3	Kemudahan Perakitan	3,5
4	Biaya Manufaktur	4
5	Keamanan Operator	4

Selanjutnya, daftar kebutuhan dibuat sesuai dengan batasan serta kemampuan alat dalam bentuk spesifikasi teknis [9]. Tabel 3 adalah pedoman batasan desain rancangan selanjutnya untuk tercapainya hasil spesifikasi akhir.

Tabel 3. Spesifikasi teknis

No.	Spesifikasi Teknis	Target Spesifikasi
1	Pengurangan Jarak <i>Pick and Place</i>	Sb X = 40 mm; Sb Y = 30 mm; Sb Z = 80 mm
2	Penyesuaian Dimensi Mesin	530 x 500 x 500 mm
3	Pengurangan Jumlah Tipe <i>Button</i>	1 tipe
4	Penambahan Sensor	Sensor <i>Light Curtain</i>
5	Jenis Aktuator Penggerak	<i>Double acting cylinder, Electric linear motor</i>
6	Material	<i>Aluminium Alloy (5052), SS340</i>

Pada Tabel 4 dapat dilihat hubungan antara daftar kebutuhan dan kemampuan alat yang dihubungkan, sehingga spesifikasi hasil akhir dapat mencapai spesifikasi target [9].

Tabel 4. Matriks kebutuhan konsumen dan kemampuan produk

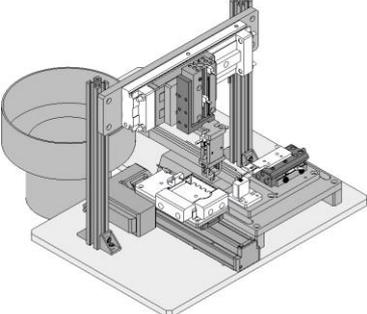
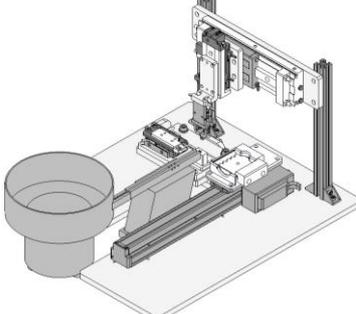
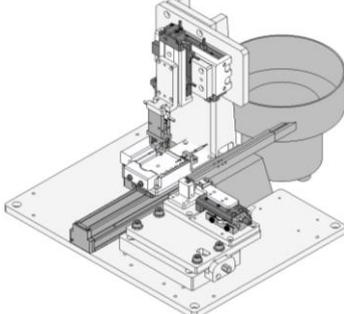
Kemampuan Produk	Pengurangan Jarak Pick and Place	Penyesuaian Dimensi Mesin	Pengurangan Jumlah Tipe Feeder	Penambahan Sensor	Jenis Aktuator Pengerak	Material
Kebutuhan Konsumen						
Fungsi	O		O	O	O	
Simplifikasi Desain	O	O	O		O	O
Kemudahan Perakitan dan Perawatan				O	O	
Biaya Manufaktur	O	O	O		O	O
Keamanan Operator				O		

Gambar 3 adalah metode penilaian menggunakan matriks *House of Quality (HoQ)*. Matriks tersebut memberikan penilaian subjektif oleh desainer dalam mengembangkan produk sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Hasil akhir dari matriks ini berupa nilai kepentingan dan prioritas pengembangan desain.

Konsep Rancangan

Dalam konsep rancangan, ide desain ditentukan berdasarkan matriks HoQ yang dibuat dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari aktuator yang digunakan.

Tabel 5. Desain alternatif

Desain Alternatif 1	Desain Alternatif 2	Desain Alternatif 3
 <p data-bbox="279 618 560 645">Gambar 4. Desain alternatif 1</p>	 <p data-bbox="676 618 959 645">Gambar 5. Desain alternatif 2</p>	 <p data-bbox="1062 618 1345 645">Gambar 6. Desain alternatif 3</p>
<p data-bbox="236 663 606 931">Desain alternatif pertama didesain dengan menggunakan aktuator silinder geser dengan diameter piston 12mm untuk pergerakan sumbu X dan silinder tak berputar dengan diameter piston 10mm untuk pergerakan sumbu Y. Peletakan <i>feeder</i> di samping kiri operator.</p>	<p data-bbox="635 663 999 1084">Desain alternatif kedua seperti yang ditunjukkan Gambar 5, didesain dengan menggunakan aktuator silinder geser dengan diameter piston 12mm untuk pergerakan sumbu X dan silinder geser dengan diameter piston 8 mm untuk pergerakan sumbu Y. Peletakan <i>feeder</i> di bagian depan sebelah kiri operator. Motor elektrik penggerak sumbu Z dengan panjang 150mm diposisikan pada bagian tengah mesin.</p>	<p data-bbox="1026 663 1390 1144">Gambar 6 menunjukkan desain alternatif ketiga. Desain alternatif ketiga didesain dengan menggunakan aktuator silinder geser dengan diameter piston 12mm untuk pergerakan sumbu X dan silinder geser dengan diameter piston 8mm untuk pergerakan sumbu Y yang dilengkapi dengan <i>end lock system</i>. Peletakan <i>feeder</i> di bagian belakang mesin. Motor elektrik penggerak sumbu Z dengan panjang 100 mm diposisikan pada bagian tengah mesin.</p>
<p data-bbox="236 1153 352 1180">Kelebihan:</p> <ul data-bbox="248 1184 606 1346" style="list-style-type: none"> • Pengambilan dan pemasangan hasil produk lebih mudah dengan menggunakan posisi disebelah kanan untuk operator yang tidak kidal <p data-bbox="236 1368 373 1395">Kekurangan:</p> <ul data-bbox="248 1400 606 1664" style="list-style-type: none"> • Posisi <i>feeder</i> menghalangi tempat penyimpanan produk <i>panel display (casing)</i> pada stasiun sebelumnya • Pemasangan <i>escaper</i> dilakukan dengan baut dan mengurangi kepresisian yang disebabkan oleh baut yang kendur 	<p data-bbox="635 1153 735 1180">Kelebihan :</p> <ul data-bbox="647 1184 1005 1579" style="list-style-type: none"> • Dilengkapi <i>adjustable plate</i> pada bagian <i>escaper</i> untuk memudahkan pengecekan berkala • Sistem <i>pick and place</i> menggunakan <i>compact cylinder</i> • Silinder pada sumbu Y menggunakan <i>end lock system</i> untuk mencegah jatuhnya <i>gripper</i> saat aliran udara terputus <p data-bbox="635 1601 772 1628">Kekurangan :</p> <ul data-bbox="647 1632 1005 1794" style="list-style-type: none"> • <i>Bowl feeder</i> terletak pada area belakang mesin menyebabkan sulitnya kontrol pergerakan yang macet pada produk (tombol) 	<p data-bbox="1026 1153 1126 1180">Kelebihan :</p> <ul data-bbox="1038 1184 1396 1579" style="list-style-type: none"> • Dilengkapi <i>adjustable plate</i> pada bagian <i>escaper</i> untuk memudahkan pengecekan berkala • Sistem <i>pick and place</i> menggunakan <i>compact cylinder</i> • Silinder pada sumbu Y menggunakan <i>end lock system</i> untuk mencegah jatuhnya <i>gripper</i> saat aliran udara terputus <p data-bbox="1026 1601 1163 1628">Kekurangan :</p> <ul data-bbox="1038 1632 1396 1794" style="list-style-type: none"> • <i>Bowl feeder</i> terletak pada area belakang mesin menyebabkan sulitnya kontrol pergerakan yang macet pada produk (tombol)

Tabel 6. Seleksi alternatif desain

No	Kriteria Seleksi	Alternatif Desain		
		1	2	3
1	Fungsi	0	0	0
2	Simplifikasi Desain	+	+	+
3	Kemudahan Perakitan dan Perawatan	0	-	+
4	Biaya Manufaktur	+	+	+
5	Keamanan dan Kenyamanan Operator	+	+	+
Jumlah nilai (+)		3	3	4
Jumlah nilai (-)		0	1	0
Jumlah nilai (0)		2	1	1
Total Nilai		3	2	4
Peringkat		2	3	1
Lanjutkan		YA	TIDAK	YA

Berdasarkan total nilai pada Tabel 6, desain alternatif tiga berada di peringkat 1 dan desain alternatif satu di peringkat 2 sehingga dilanjutkan langkah pembobotan untuk memilih desain akhir.

Proses Scoring

Proses *scoring* merupakan proses penilaian yang didasarkan pada uraian kebutuhan konsumen dengan cara memberi bobot relatif pada aspek yang ditentukan [10].

Tabel 7. Penilaian alternatif desain

No.	Kriteria Seleksi	Bobot	Desain Konsep			
			1		3	
			Nilai	Bobot Nilai	Nilai	Bobot Nilai
1	Fungsi	20%	5	0,010	5	0,01
2	Simplifikasi Desain	17%	4	0,0068	5	0,0085
3	Kemudahan Perakitan dan Perawatan	19%	4	0,0076	4	0,0076
4	Biaya Manufaktur	20%	5	0,01	5	0,01
5	Keamanan dan Kenyamanan Operator	20%	3	0,006	5	0,01
Total			0,040		0,0461	
Peringkat			2		1	
Kesiapan Konsep			TIDAK		YA	

Berdasarkan pembobotan dari desain alternatif satu dan tiga, didapatkan total nilai desain alternatif tiga sebesar 0,0461. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai desain alternatif satu yakni sebesar 0,04. Sehingga desain yang terpilih melalui konsep ini adalah desain alternatif tiga.

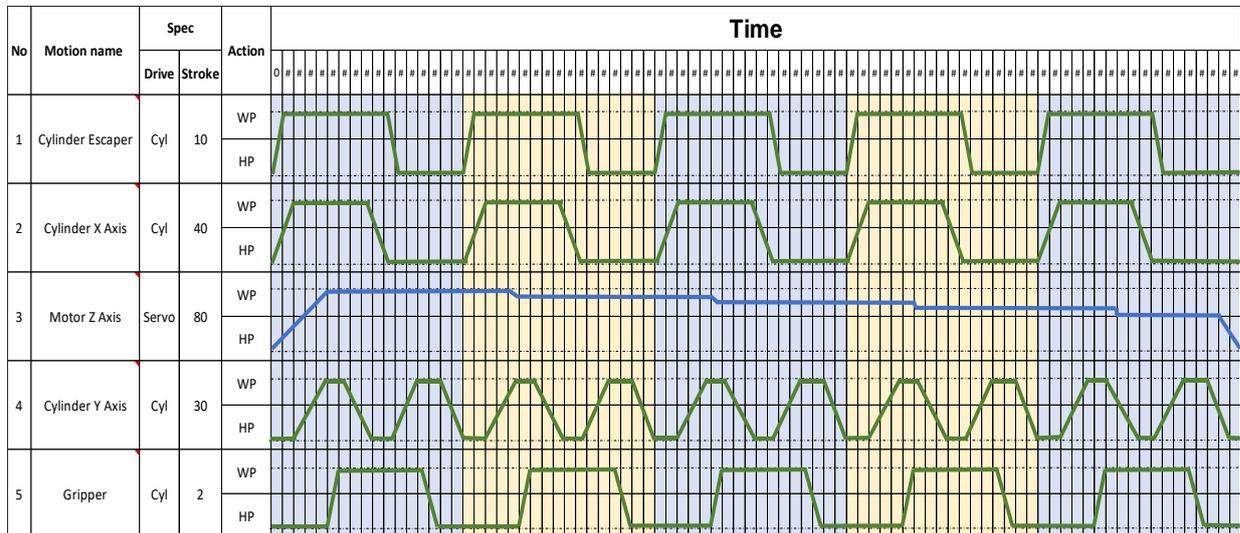
Desain Akhir

Berdasarkan dengan hasil diskusi dengan pelanggan dan pemberian nilai pada matriks HoQ didapatkan tingkat persentase tertinggi yakni pada kriteria pengurangan jarak *pick and place* sebesar 23% dan perubahan aktuator penggerak dengan persentase 19%. Setelah itu dilanjutkan dengan konsep penyaringan dan penilaian maka didapatkan hasil desain alternatif ketiga. Diagram waktu hasil mesin modifikasi digambarkan pada Gambar 7 dengan waktu tempuh tiap penggerak seperti pada Tabel 8.

Desain akhir mesin *auto button insert* melalui pemilihan aktuator dan perubahan jarak sesuai dengan kebutuhan yang diminta melalui metode *Quality Function Deployment (QFD)* fase pertama menghasilkan mesin *auto button insert* dengan waktu siklus 17 detik per produk.

Tabel 8. Penggerak mesin auto button insert setelah modifikasi

No	Penggerak	Kecepatan Aktuator	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh
1	Silinder <i>escaper</i>	50 mm/s	10 mm	0,20 s
2	Silinder sumbu X	100 mm/s	40 mm	0,40 s
3	Silinder sumbu Y	60 mm/s	30 mm	0,50 s
4	Motor sumbu Z	100 mm/s	80 mm	1,03 s
5	Silinder <i>gripper</i>	8 mm/s	2 mm	0,25 s



Gambar 7. Diagram waktu mesin auto button insert setelah modifikasi

4. KESIMPULAN

Pengembangan mesin *auto button insert* dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) tahap satu dengan menggunakan *tool* berupa matriks *House of Quality* (HoQ) menghasilkan produk sesuai dengan tingkat kebutuhan yang diinginkan. Keluaran utama pada mesin *auto button insert* yang baru menghasilkan waktu siklus yang lebih singkat dari mesin sebelumnya, yakni 35 detik menjadi 17 detik sehingga terjadi penurunan waktu siklus sebesar 51%.

REFERENSI

1. F.S. Arzia, S.U. Sentosa, Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan, 1 (2019) 365-374.
2. E. Risdianto, April, 0–16. Diakses pada, 22 (2019).
3. N.I. Piri, A. Sutrisno, J. Mende, JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT, 6 (2017).
4. A. Purwanto, Journal of Industrial Engineering & Management Research, 1 (2020) 1-16.
5. T. Setiaji, S. Harmanto, A. Khoryanto, in: Prosiding Seminar Nasional NCIET, 2022, pp. 71-84.
6. B. Ismoyo, M.R.A. Cahyono, Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET), 4 (2021) 15-24.
7. A. Masruri, Z. Saleh, Z. Satria, M. Hastarina, Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 6 (2021) 38-41.
8. H. Ariyah, Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan, 1 (2022) 70-77.
9. M.A. Bora, S. Sanusi, Jurnal Industri Kreatif (JIK), 2 (2018) 37-44.
10. M. Hafidh, A. Kusnyat, E. Febriyanti, E-Proceeding of Engineering, 6 (2019) 6743-6749.