

Penerapan DFMA untuk *Low Cost High Customization* Product

Ilham Priadythama*¹⁾, Susy Susmartini²⁾, dan Alviandi Wahyu Nugroho³⁾

¹²³⁾Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No.36^a Jebres, Surakarta, 57126, Indonesia

Abstract

Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) is a method to evaluate the design of product with considering the ease of manufacture process and the assembly process. UNS LPPD Hand is prosthetic hand with the function and shape that has likely the original hand man. UNS LPPD Hand is developed by the Laboratory Planning and Product Design of Sebelas Maret University (Laboratorium P3 UNS). From the conceptual design of prosthetic finger by Cahyadin (2016), the prototype can't do the movement flexed according with the design objectives and there are some components that not required. Therefore, there are some components that must be modified or eliminated. The modified component is phalanx of media and eliminated components are short and long pin holder The result is improvement of design prosthetic finger that 2 components are fixed and 4 components are eliminated, and reducing the process from 99 steps to 79 steps.

Keyword : Prosthetic Finger, UNS LPPD Hand, DFMA

1. Pendahuluan

Menurut Ulrich dan Eppinger (2001), fase dalam pengembangan dan perancangan produk terdiri dari fase perencanaan, fase pengembangan, fase perancangan tingkat sistem, fase perancangan rinci, fase pengujian dan perbaikan, dan fase peluncuran produk. Pada fase pengujian dan perbaikan, diperlukan proses evaluasi dari hasil rancangan produk tersebut. Hal itu bertujuan untuk memudahkan proses perakitan sehingga bisa mengurangi waktu perakitan dalam membuat satu produk. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk proses evaluasi suatu rancangan yaitu metode Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) (Kurnianto dkk., 2015). DFMA adalah suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi rancangan produk dengan mempertimbangkan kemudahan dalam proses manufaktur dan proses perakitan. Tujuan dari DFMA yaitu untuk menentukan desain produk yang benar-benar dapat menghilangkan komponen-komponen yang sebenarnya tidak diperlukan dan mengurangi proses dalam pembuatan prototipe (Hasibuan dkk., 2013).

Penelitian yang membahas tentang rancangan perbaikan produk dapat dilihat pada penelitian yang membuat rancangan perbaikan produk *stopcontact* melalui pendekatan metode DFMA (Hasibuan dik., 2013). Pada desain awal *stopcontact* 754 terdapat 47 unit komponen penyusun produk yang membutuhkan waktu 15,52 menit untuk menyelesaikan setiap unit produk. Setelah dilakukan perbaikan terhadap desain *stopcontact* 754 dengan menggunakan metode DFMA melalui proses perbaikan, kombinasi dan eliminasi dari komponen penyusun produk seperti baut 3323-A dan 3323-AP, lempeng tembaga 7544 serta lempeng tembaga 7545, maka produk tersebut mengalami peningkatan dari segi waktu perakitan yaitu menjadi 12.484 menit untuk setiap unitnya yang terdiri dari 35 unit komponen, peningkatan pada efisiensi desain dan peningkatan pada jumlah produk standar yang dihasilkan adalah 33.64 unit. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan rancangan produk sangat berpengaruh terhadap lamanya waktu perakitan, biaya perakitan dan juga efisiensi perakitan.

* Correspondance : ilham@megaspin.net

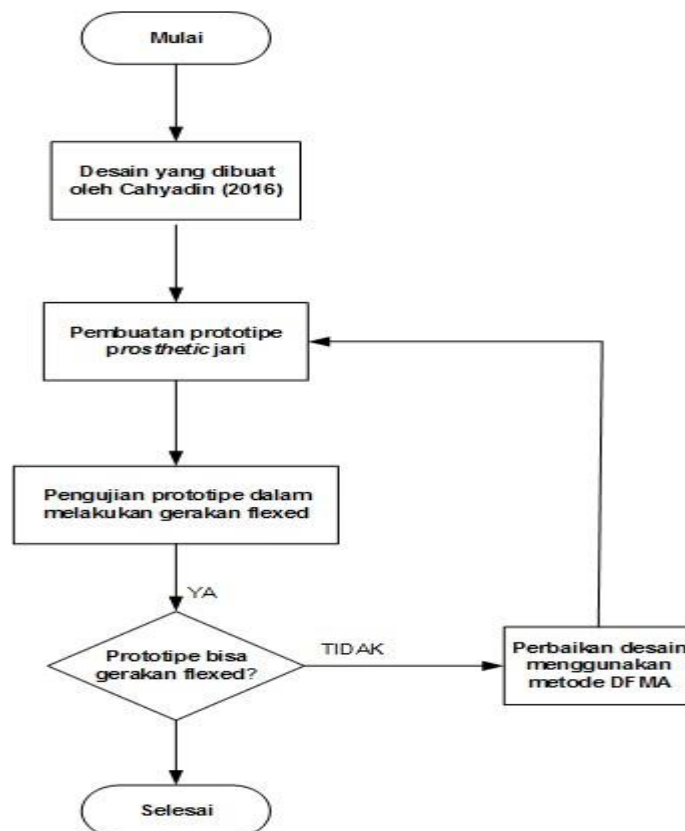
Pada penelitian ini, *Design For Manufacturing and Assembly* (DFMA) digunakan untuk membantu merancang produk dengan biaya yang rendah dan kustomisasi yang tinggi (*low cost and high customization product*), yaitu UNS LPPD Hand dan metode perakitan UNS LPPD Hand. UNS LPPD Hand adalah yaitu *prosthetic hand* yang memiliki fungsi dan bentuk seperti tangan asli manusia serta memiliki skema mekanik dan elektrik yang sederhana sehingga dapat dihasilkan dengan biaya yang terjangkau. DFMA juga dapat digunakan untuk membantu perancang dalam meningkatkan kualitas, mengurangi biaya perakitan, serta untuk mengukur perbaikan desain dari produk UNS LPPD Hand.

Berdasarkan fase pengembangan dan perancangan produk menurut Ulrich dan Eppinger (2001), pengembangan UNS LPPD Hand telah mencapai pada fase perancangan rinci, yaitu tahapan desain konseptual yang dikembangkan oleh Cahyadin (2016). Desain yang dibuat oleh Cahyadin (2016) merupakan desain yang detail, namun belum dipersiapkan dalam pembuatan prototipenya. Oleh karena itu, pada penelitian ini, akan dilakukan langkah pengembangan, yaitu fase pengujian dan perbaikan prototipe dari desain yang telah dibuat oleh Cahyadin (2016), sebelum dilakukan integrasi terhadap sistem kendali dan sistem mekanik sehingga prototipe UNS LPPD Hand yang telah dibuat dapat bergerak dengan menggunakan logika sederhana.

Prototipe berdasarkan desain Cahyadin (2016) telah dibuat dan hasilnya terdapat proses perakitan yang cukup sulit sehingga waktu perakitan menjadi lama. Selain itu, prototipe tidak dapat melakukan gerakan *flexed* sesuai tujuan perancangan. Pada penelitian ini diharapkan pendekatan metode *Design for Manufacturing and Assembly* dapat memberikan solusi yang tepat untuk perbaikan rancangan prototipe UNS LPPD Hand, sehingga menghasilkan perbaikan desain yang dapat dijadikan prototipe yang sesuai tujuan perancangan dan biaya pembuatan yang *low cost*.

2. Metode Penelitian

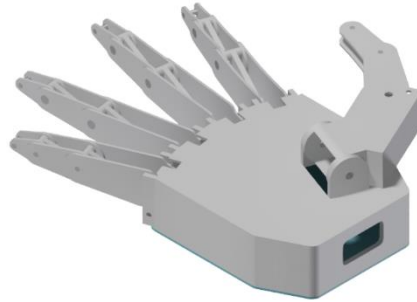
Adapun dalam penelitian ini digambarkan dalam metodologi sebagai berikut :



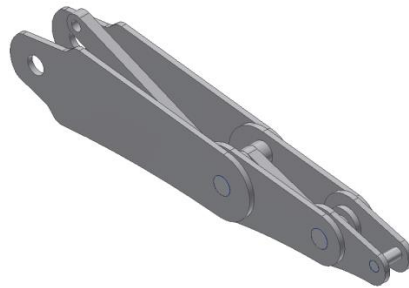
Gambar 1. Diagram Alir penelitian

2.1 Pembuatan Prototipe *Prosthetic Jari*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan prototipe *prosthetic* jari yang didasarkan pada desain yang telah dibuat oleh Cahyadin (2016). Adapun desain Cahyadin dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Rancangan Prototipe *Prosthetic Hand*
Sumber : Cahyadin (2016)



Gambar 3. Rancangan Prototipe Prosthetic Jari
Sumber : Cahyadin (2016)

Adapun yang ingin dihasilkan dari tahap ini yaitu prototipe *prosthetic* jari yang bisa gerakan *flexed* dan *extended* seperti jari tangan manusia pada umumnya. Pembuatan prototipe *prosthetic* jari terdiri dari semua jari yaitu jari telunjuk, jari tengah, jari manis, jari kelingking dan ibu jari. Bahan yang digunakan untuk prototipe *prosthetic* jari yaitu PVC dengan ketebalan 2 mm dan besi silinder pejal dengan diameter 2 mm. Peralatan yang digunakan yaitu *scroll saw*, *rotary tool*, dan *hand drill*.

Langkah-langkah pembuatan prototipe *prosthetic* jari yaitu:

1. Desain ditempelkan pada lembaran PVC kemudian dilakukan pemolaan.
2. PVC dilubangi dengan menggunakan *hand drill* dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai desain.
3. Lembaran PVC dipotong sesuai pola desain dengan menggunakan *scroll saw* dan dialuskan menggunakan *rotary tool*.
4. Besi silinder pejal (besi as) dipotong sesuai ukuran dengan menggunakan *rotary tool*.
5. Lembaran PVC dan besi silinder pejal yang telah dipotong sesuai ukuran kemudian dirakit menjadi prototipe *prosthetic* jari sesuai desain.

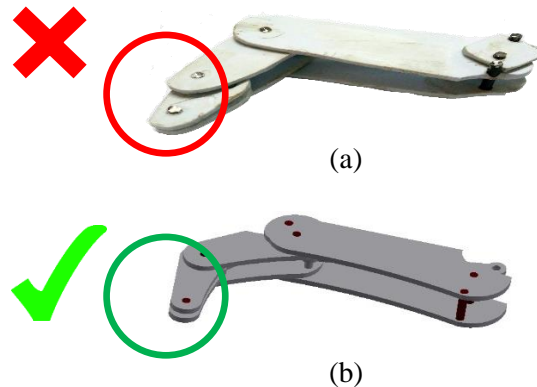
Prototipe *prosthetic* jari sesuai desain Cahyadin (2016) dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Prototipe *Prosthetic Jari*

2.2 Pengujian Prototipe dalam melakukan Gerakan *Flexed*

Pada tahap ini dilakukan pengujian prototipe dalam melakukan gerakan *flexed*. Setelah prototipe *prosthetic* jari selesai dibuat, prototipe tersebut diuji coba dalam melakukan gerakan *flexed* dan hasilnya prototipe tidak dapat bergerak sesuai dengan tujuan perancangan. Prototipe *prosthetic* jari sesuai desain Cahyadin (2016) dalam melakukan gerakan *flexed* dan gerakan *flexed* yang sesuai tujuan perancangan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Gerakan *Flexed* : (a) Prototipe Jari Sesuai Desain Cahyadin (2016) ;
(b) Sesuai Tujuan Perancangan

Prototipe yang telah dibuat tidak bisa bergerak sesuai tujuan perancangan. Untuk itu, dilakukan perbaikan desain prototipe dan pembuatan prototipe sesuai desain yang telah diperbaiki.

2.3 Perbaikan Desain dengan Menggunakan Metode DFMA

Pada tahap ini dilakukan perbaikan desain dengan menggunakan metode DFMA. Prototipe yang telah dibuat sesuai desain Cahyadin (2016) tidak dapat bergerak sesuai dengan tujuan perancangan. Untuk itu, dilakukan perbaikan rancangan prototipe jari agar prototipe dapat bergerak sesuai tujuan perancangan. Perbaikan rancangan dilakukan dengan melakukan proses eliminasi dan modifikasi komponen agar memudahkan dalam perakitan.

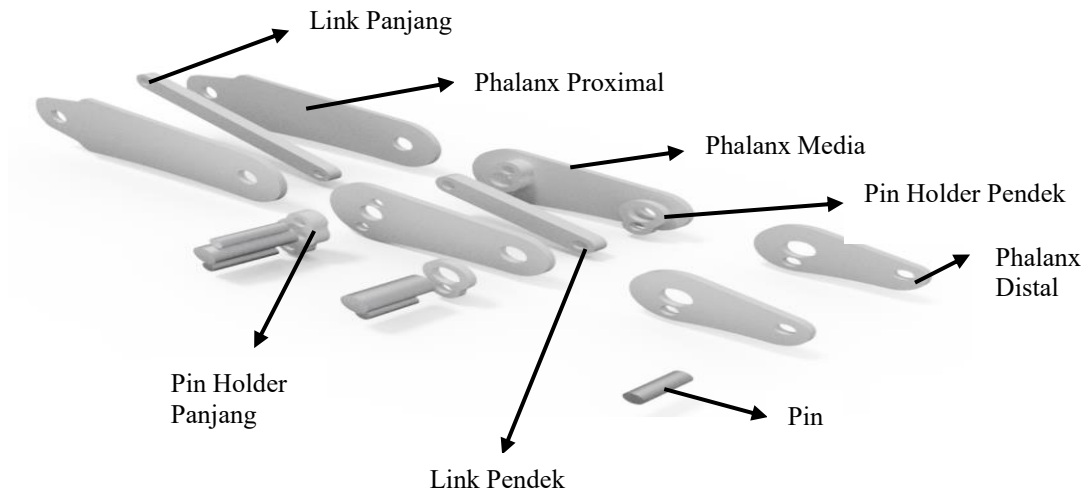
Dalam melakukan perbaikan perancangan, menurut Magrab (2010) ada beberapa prinsip yang harus dipenuhi untuk memperbaiki suatu proses perakitan antara lain adalah mengurangi dan meminimalisasi jumlah komponen, menggunakan komponen dengan bahan yang seragam, desain untuk kemudahan perakitan, desain untuk gabungan dan efisiensi *fastener* serta desain produk modular untuk perakitan (Hasibuan dkk., 2013).

Berdasarkan pada prinsip-prinsip tersebut menurut Boothroyd (2002) dapat dilakukan suatu perbaikan rancangan dengan menggunakan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) melalui pengembangan/modifikasi, kombinasi atau eliminasi komponen yang tidak diperlukan ataupun komponen yang tidak mengandung nilai tambah (Hasibuan dkk., 2013).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Prototipe Berdasarkan Desain Cahyadin (2016)







Rancangan UNS LPPD Hand berdasarkan desain Cahyadin (2016) terdiri dari beberapa komponen. Komponen penyusun UNS LPPD Hand dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Komponen dalam Prosthetic Jari (Cahyadin, 2016)

Komponen prototipe *prosthetic* jari berdasarkan desain Cahyadin (2016) dapat dilihat pada Gambar 6. Komponen prototipe tersebut terdiri dari *phalanx proximal*, *phalanx media*, *phalanx distal*, *link* panjang, *link* pendek, *pin holder* panjang, *pin holder* pendek, dan *pin*. Adapun proses pembuatan setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen dan Proses *Prosthetic* Jari Desain Cahyadin (2016)

No.	Komponen	Material	Jumlah Komponen	Proses	Gambar
1	Phalanx Proximal	Lembaran PVC	2	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
2	Phalanx Media	Lembaran PVC	2	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
3	Phalanx Distal	Lembaran PVC	2	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
4	Pin Holder Panjang	Lembaran PVC	2	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
5	Pin Holder Pendek	Lembaran PVC	2	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
6	Link Panjang	Lembaran PVC	1	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
7	Link Pendek	Lembaran PVC	1	Menempelkan pola pada lembaran PVC	
				Melubangi lembaran PVC dengan mata bor yang berdiameter 2 mm sesuai pola	
				Memotong lembaran PVC sesuai desain	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	
8	Pin	Besi As	8	Mengukur besi as sesuai ukuran	
				Memberi tanda pada besi as setelah diukur	
				Memotong besi as sesuai ukuran	
				Menghaluskan permukaan hasil potongan	

Dari tabel di atas, jumlah keseluruhan komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan prototipe *prosthetic* jari yaitu sebanyak 20 komponen. Total keseluruhan proses pembuatan komponen yaitu sebanyak 80 proses. Setelah setiap komponen dibuat, langkah selanjutnya yaitu perakitan setiap komponen menjadi prototipe *prosthetic* jari. Adapun proses perakitan setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Urutan Perakitan *Prosthetic* Jari Desain Cahyadin (2016)

No.	Proses	Urutan Perakitan
1	Sub-Assembly Phalanx Distal	Memasang pin pada phalanx distal
2		Memasang pin holder pendek
3		Memasang pin
4		Memasang link pendek
5		Memasang pin holder pendek
6		Memasang phalanx distal
7	Sub-Assembly Phalanx Media	Memasang phalanx media pada sub-assembly phalanx distal
8		Memasang pin
9		Memasang pin holder panjang
10		Memasang pin
11		Memasang link panjang
12		Memasang pin
13		Memasang pin holder panjang
14	Memasang phalanx media	
15	Sub-Assembly Phalanx Proximal	Memasang phalanx proximal pada sub-assembly phalanx media
16		Memasang pin
17		Memasang pin
18		Memasang pin
19		Memasang phalanx proximal

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa jumlah proses perakitan komponen penyusun prototipe *prosthetic* jari yaitu sebanyak 19 proses.

3.2 Hasil Perancangan menggunakan DFMA

Dalam melakukan perbaikan perancangan, menurut Magrab (2010) ada beberapa prinsip yang harus dipenuhi untuk memperbaiki suatu proses perakitan antara lain adalah mengurangi dan meminimalisasi jumlah komponen, menggunakan komponen dengan bahan yang seragam, desain untuk kemudahan perakitan, desain untuk gabungan dan efisiensi *fastener* serta desain produk modular untuk perakitan (Hasibuan dkk., 2013).

Berdasarkan pada prinsip-prinsip tersebut menurut Boothroyd (2002) dapat dilakukan suatu perbaikan rancangan dengan menggunakan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) melalui pengembangan/modifikasi, kombinasi atau eliminasi komponen yang tidak diperlukan ataupun komponen yang tidak mengandung nilai tambah (Hasibuan dkk., 2013). Pada Tabel 2. akan diuraikan komponen-komponen yang dapat dikembangkan, kombinasi ataupun dieliminasi dari prototipe *prosthetic* jari.

Tabel 3. Komponen yang Dimodifikasi dan Dieliminasi

No	Nama Komponen	Jumlah Komponen
1	Phalanx Media	2
2	Pin Holder Pendek	2
3	Pin Holder Panjang	2

Pada konsep desain awal prototipe *prosthetic* jari, ada bagian dari komponen *phalanx media* yang menghalangi *link* pendek untuk terhubung dengan *phalanx proximal*, sehingga menyebabkan pada bagian antara *phalanx media* dengan *phalanx distal* tidak dapat melakukan

gerakan *flexed*. Untuk itu, dilakukan modifikasi pada komponen *phalanx media* agar dapat menyelesaikan masalah gerakan *flexed* tersebut. Adapun gambar hasil rancangan dari *phalanx media* yang telah dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan *Phalanx Media* : (a) Cahyadin (2016) ; (b) Hasil Perbaikan

Selain itu, juga ada komponen pin *holder* pendek dan pin *holder* panjang pada konsep desain awal. Komponen tersebut dipasang pada *phalanx media* yang terhubung dengan *phalanx proximal* dan *phalanx distal*. Setelah dibuat prototipe, komponen pin holder panjang dan pendek yang terletak di antara link dengan phalanx (ruas) menyebabkan pergerakan prototipe prosthetic jari menjadi berat dikarenakan besarnya gaya gesek yang terdapat pada prototipe. Untuk itu dilakukan perbaikan prototipe prosthetic jari dengan menghilangkan komponen pin holder panjang dan pendek.

Menurut Eggert (2005), berdasarkan rekomendasi dari The Society of Manufacturing Engineers (SME) untuk memperbaiki rancangan dari komponen pin *holder* pendek dan pin *holder* panjang, ada beberapa prinsip yang dapat digunakan. Adapun prinsip-prinsip tersebut antara lain adalah “meminimalkan jumlah komponen, menggunakan perakitan modular atau menggunakan komponen standar sehingga tidak banyak variasi komponen” (Hasibuan dkk., 2013). Maka berdasarkan pada prinsip tersebut dilakukan perbaikan terhadap rancangan dengan mengeliminasi komponen pin *holder* pendek dan pin *holder* panjang, sehingga dapat mengurangi jumlah serta variasi dari komponen yang akan dirakit yang bertujuan agar dapat mempercepat proses perakitan.

Berdasarkan identifikasi terhadap komponen penyusun prototipe *prosthetic* jari yang telah dilakukan, ternyata ada beberapa komponen yang dapat diperbaiki maupun dieliminasi untuk mengoptimalkan proses perakitan dari segi jumlah komponen dan proses. Hal ini sejalan dengan metode kerja perakitan prototipe *prosthetic* jari yang belum optimal karena masih ada beberapa elemen kegiatan yang sebenarnya tidak diperlukan pada saat proses perakitan berlangsung.

Pada desain awal prototipe *prosthetic* jari terdapat 20 unit komponen penyusun prototipe. Setelah dilakukan perbaikan terhadap desain prototipe *prosthetic* jari dengan menggunakan metode DFMA melalui proses perbaikan dan eliminasi dari komponen penyusun produk seperti *phalanx media*, pin *holder* panjang, dan pin *holder* pendek maka produk tersebut pengurangan jumlah komponen menjadi 16 unit. Selain itu, dari pengurangan jumlah komponen sebanyak 2 pin *holder* panjang dan 2 pin *holder* pendek mengakibatkan jumlah proses pembuatan komponen berkurang sebanyak 16 proses. Adapun keterangannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Perbandingan Desain Cahyadin (2016) dengan Hasil DFMA

No.	Desain	Jumlah Komponen (unit)	Jumlah Proses Pembuatan Komponen	Jumlah Proses Perakitan
1	Cahyadin (2016)	20	80	19
2	Hasil DFMA	16	64	15



Gambar 8. Prototipe *Prosthetic* Jari Hasil DFMA

Hasil perbaikan yang didapat yaitu prototipe prosthetic jari dapat melakukan gerakan flexed yang sesuai tujuan perancangan. Gerakan flexed yang dilakukan phalanx proximal membuat phalanx media dan phalanx distal bergerak secara bersamaan mengikuti arah gerakan phalanx proximal. Setelah dilakukan perbaikan, komponen yang dibutuhkan untuk membuat prototipe prosthetic jari menjadi berkurang, proses pembuatan komponen pun menjadi berkurang, waktu perakitan pun menjadi lebih cepat. Hal tersebut dapat mengurangi biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan prototipe prosthetic jari.

4. Simpulan

Setelah membuat perbaikan desain prototipe *prosthetic* jari dan melakukan analisis diperoleh kesimpulan yaitu hasil perbaikan desain prototipe *prosthetic* jari terdiri dari 16 komponen penyusun dengan adanya beberapa komponen yang diperbaiki maupun dieliminasi. Jumlah proses pembuatan komponen yang pada awalnya berjumlah 80 proses berubah menjadi 64 proses. Jumlah proses perakitan yang pada awalnya berjumlah 19 proses berubah menjadi 15 proses. Hasil rancangan tersebut membuat proses perakitan menjadi lebih mudah dan cepat. Dengan hasil rancangan tersebut, diharapkan pada penelitian selanjutnya, pembuatan prototipe menjadi lebih mudah dalam proses perakitannya dan lebih cepat dari rancangan sebelumnya, sehingga biaya perakitan prototipe prosthetic jari menjadi lebih murah dari desain sebelumnya.

Daftar Pustaka

- Cahyadin, J. B. (2016). *Skripsi: Visualisasi dan Verifikasi Konsep Desain UNS LPPD HAND Hand Menggunakan CAD/CAE*. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Dechev, N., Cleghorn W.L., dan Naumann, S. (2001). Multiple Finger, Passive Adaptive Grasp Prosthetic Hand. *Mechanism and Machine Theory*, 36, 1157-1173.
- Fukuya, N., Toyama, S., Asfour, T., & Dillmann, R. (2001). Design of a Humanoid Hand for Human Friendly Robotics Application. *Human Friendly Mechatronics*, 6, 273-278.
- Hasibuan, Y.K., Rambe, A.J.M., & Ginting, R., (2013). Rancangan Perbaikan *Stopcontact* Melalui Pendekatan Metode DFMA (Design For Manufacturing And Assembly) Pada PT. XYZ. *E-Jurnal Teknik Industri FT USU*. Vol. 1, No. 2, pp. 34-39.
- Kurnianto, R.R., Wibowo, A., & Prakosa, T. (2015). Penerapan Metoda Design for Manufacture and Assembly pada Handle Transformer Hand Bike. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV*.
- Martell, J.W.S. & Giuseppina, G. (2007). Robotic Hands: Design Review and Proposal of New Design Process. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 1, 57-62.
- Susmartini, S., Priadythama, I. & Herdiman, L. (2011). Pemilihan Desain Prosthetic Jari Tangan Berdasarkan Mekanisme Sistem Penggerak Cross Bar dan Cross Cable terhadap Besar Gaya Tarik Dinamis Prosthetic Jari Tangan. *Performa*, Vol. 10, No. 2, pp. 141-148.
- Ulrich, K.T., & Eppinger, S.D. (2001). *Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknika.