

Optimasi Desain Ulang Stator Pompa Progressive Cavity Dengan *DfD* dan Solidworks CAD

Riki Candra Putra^{a,*}, Mahfudz Al Huda^b

^{a, b} Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta
Alamat resmi JL. Borobudur, No. 07, Cikini, Menteng, RT.9/RW.2, Pegangsaan, Jakarta Pusat
*E-mail: riki.candra@gmail.com

Abstract

Progressive cavity pump designs generally have a stator component in the form of a solid hollow cylinder and a rotating rotor, because of the constraints faced by technicians specifically on the PC type pump, namely the need for lifting equipment, and some special equipment and very time consuming pump assembly. long time, due to the complicated pump design. Because these problems can make progressive cavity pumps become waste in the company due to the lack of good maintenance for this type of pump. Therefore, it is necessary to redesign and optimize the stator design in order to obtain a faster assembly time, easier pump maintenance and cheaper maintenance costs. By using the principles of Design for Disassembly (DfD), and assisted by CAD software and flow simulation analysis so that it can make it easier for researchers to redesign and optimize products. After redesigning the stator into a split stator and a simpler rotor design, the flow simulation analysis found that the flow rate and pressure of the DfD pump did not experience very large changes and did not affect the overall pump performance. The number of tools needed to assemble the stator and rotor of the pump after DfD is 7.14% cheaper than the pump before DfD. The processing time of the DfD pump stator assembly stages is 23% faster and the DfD pump rotor assembly is 14.3% faster than the pump before DfD. The percentage of the difference in the price of components that are wasted (waste) in DfD pumps is 10.5% less than non-DfD pumps when replacing the stator and rotor.

Keywords: pump, progressive cavity, design for disassembly, solidworks, stator

Abstrak

Desain pompa *progressive cavity* pada umumnya mempunyai komponen stator yang berbentuk silinder pejal berongga dan bagian rotor yang berputar, oleh karena kendala-kendala yang dihadapi oleh teknisi secara khusus pada jenis pompa *PC* adalah perlunya peralatan angkat, dan beberapa peralatan khusus serta waktu perakitan pompa yang sangat lama, karena desain pompa yang rumit. Karena permasalahan tersebut dapat membuat pompa *progressive cavity* menjadi *waste* di perusahaan karena kurangnya perawatan yang baik terhadap pompa jenis ini. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan ulang dan optimasi terhadap desain stator tersebut agar didapat waktu perakitan yang lebih cepat, perawatan pompa yang lebih mudah dan mendapatkan harga perawatan yang lebih murah. Dengan menggunakan prinsip-prinsip *Design for Disassembly (DfD)*, dan dibantu software *CAD* dan analisa *flow simulation* sehingga dapat memudahkan peneliti untuk melakukan perancangan ulang dan mengoptimasi produk. Setelah dilakukan perancangan ulang terhadap stator menjadi bentuk stator terbelah dan perancangan rotor yang lebih sederhana, maka analisa *flow simulation* di dapat laju aliran dan tekanan pompa *DfD* tidak mengalami perubahan yang sangat besar dan tidak berpengaruh terhadap kinerja pompa secara keseluruhan. Jumlah alat bantu (*tools*) yang diperlukan untuk perakitan stator dan rotor pompa setelah *DfD* lebih murah 7.14% dibanding pompa sebelum *DfD*. Waktu proses tahapan-tahapan perakitan stator pompa *DfD* menjadi 23% lebih cepat dan perakitan rotor pompa *DfD* menjadi 14.3% lebih cepat dibanding pompa sebelum *DfD*. Persentase selisih harga komponen yang terbuang (*waste*) pada pompa *DfD* lebih kecil 10.5% daripada pompa non *DfD* pada saat penggantian stator dan rotor.

Kata kunci: pompa, *progressive cavity*, design for disassembly, solidworks, stator

1. Pendahuluan

Sistem pemompaan pada sistem pengolahan air limbah atau pengolahan limbah padat digunakan untuk menciptakan lingkungan yang bersih dan memenuhi undang-undang tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang dibuat oleh pemerintah, misalnya sistem pemompaan yang digunakan untuk proses pemisahan limbah padat dan air murni dengan menggunakan *filter press* [1].

Pompa jenis *progressive cavity (PC)* banyak digunakan untuk memindahkan limbah padat yang kental, korosif dan abrasif, dan dengan kondisi tekanan tinggi di sektor *WTP (water treatment plant)*, *WWTP (waste water treatment plant)*, *oil and gas* dan pertambangan. Desain pompa *progressive cavity* pada umumnya mempunyai komponen stator

yang berbentuk silinder pejal berongga dan bagian rotor yang berputar, pada saat membongkar dan merakit pompa *PC* ditemukan kendala-kendala yang dihadapi secara khusus adalah perlunya peralatan angkat, dan beberapa peralatan khusus serta waktu perakitan pompa yang sangat lama, karena desain pompa yang rumit. Kondisi tersebut dapat membuat pihak manajemen untuk tidak memperhatikan lagi kelangsungan penggunaan pompa ini dalam jangka panjang, sehingga bisa menjadikan pompa *PC* sebagai *waste* di perusahaan akibat tidak digunakan kembali.

Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan ulang dan optimasi terhadap desain stator tersebut agar didapat waktu perakitan yang lebih cepat, perawatan pompa yang lebih mudah dan mendapatkan harga perawatan yang lebih murah. Dengan menggunakan prinsip-prinsip *design for disassembly (DfD)* dengan dibantu *software CAD* dan analisa *flow simulation* sehingga dapat memudahkan peneliti untuk melakukan perancangan ulang dan mengoptimasi produk.

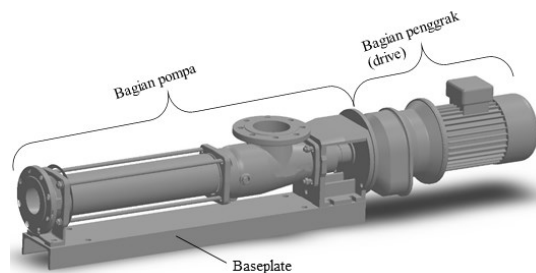
Penelitian tentang *DfD* pada pompa *progressive cavity* belum banyak dilakukan oleh peneliti lain sehingga masih terbuka peluang untuk menambah teori baru dalam desain pompa tersebut. Dan juga penelitian *DfD* tentang perancangan ulang stator pompa *progressive cavity* belum pernah ditulis di publikasi karya ilmiah, oleh karena itu penulis mencoba untuk mendeskripsikan pentingnya penelitian tentang *DfD* pada stator tipe pompa *progressive cavity (PC)*.

Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis tertarik untuk melakukan desain ulang dengan metode *DfD* pada konstruksi stator dan rotor yang dirakit pada badan pompa yang lama, agar dihasilkan waktu perakitan yang cepat dan pengurangan biaya yang signifikan pada komponen pengganti dan alat bantu.

Beberapa tinjauan sudah dilakukan oleh beberapa peneliti tentang pompa *PC*, namun masih belum ada yang membahas tentang *design for disassembly (DfD)*, karena banyak tujuan penelitian masih ditujukan meningkatkan kinerja, permodelan analitis dan menganalisa serta memprediksi sifat-sifat laju aliran fluida di pompa *PC* [2], mengembangkan teknik pragmatis dan sistematis yang secara signifikan meningkatkan kinerja sistem pemompaan *progressive cavity* di sebuah sumur dan reservoir heavy oil yang tidak terkonsolidasi dengan cara menguatkan rod string pada bagian ulir [3] dan penelitian untuk melakukan permodelan analitis untuk meningkatkan kinerja laju aliran dengan cara menggunakan stator metalik sehingga terjadi kerenggangan (*clearance*) yang sangat kecil antara stator dan rotor, penelitian ini menghasilkan model analitik yang dikembangkan untuk aliran di *PCP (Progressive cavity pump)* stator logam [4].

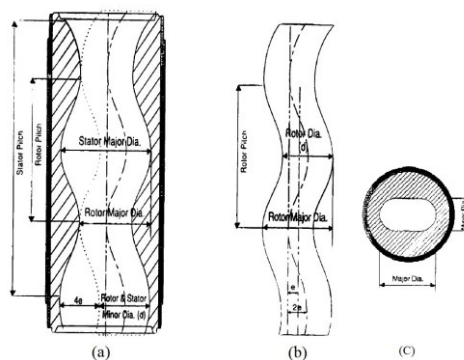
Pompa tipe *progressive cavity* salah satu jeni pompa perpindahan positif bisa disebut juga pompa *mono screw* [5], karena hanya mempunyai satu poros yang berbentuk screw di dalam stator, desainnya benar-benar mengikuti versi modern dari sekrup Archimedes yang telah ada selama berabad-abad, di mana minuman keras digerakkan oleh gerakan berputar dari benang heliks [6].

Pompa ini juga dikenal sebagai pompa ulir eksentrik karena gerakan rotor, Konstruksi pompa *PC* sebelum dilakukan desain ulang secara umum dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut [6]:



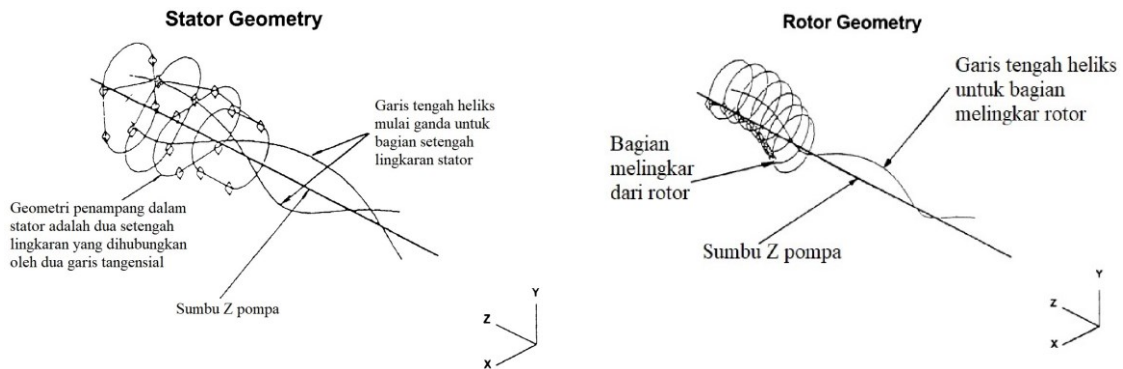
Gambar 1. Konstruksi pompa *progressive cavity* sebelum *DfD*

Dimensi dari stator dan rotor mengikut geometri pompa *progressive cavity* yang sudah ditentukan secara umum. Berikut geometri stator dan rotor pompa *PC* secara umum dapat dilihat pada Gambar 2 [7].



Gambar 2. (a) dimensi stator, (b) dimensi rotor, (c) Dimensi penampang stator

Rotor heliks start tunggal memiliki penampang melingkar konstan, yang tegak lurus terhadap sumbunya, pada setiap titik sepanjang. Pusat setiap bagian melingkar yang berurutan terletak di sepanjang heliks, yang sumbunya merupakan sumbu rotor. Jari-jari heliks, yaitu jarak dimana pusat bagian rotor menyimpang dari sumbu rotor, dikenal sebagai eksentrisitas, Gambar 3a memperlihatkan geometri stator. Stator heliks ganda memiliki penampang konstan sepanjang konfigurasi slot dua setengah lingkaran, sama dengan diameter rotor, dihubungkan oleh dua garis tangensial yang panjangnya sama dengan empat kali eksentrisitas rotor seperti pada Gambar 3b [7].



Gambar 3. Geometri stator dan rotor

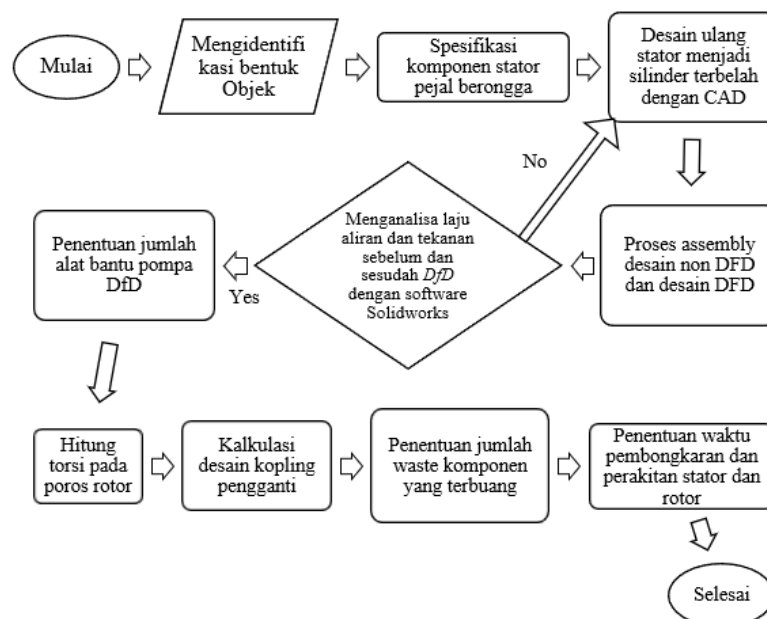
DfD dapat dianggap sebagai jenis istilah manufaktur hijau yang digunakan untuk menggambarkan metode menghasilkan produk yang ramah lingkungan. Produk ini dirancang untuk dibongkar untuk pemulihan bahan dan komponen berharga yang dapat digunakan kembali, dan untuk perawatan yang lebih mudah dengan pemisahan yang hemat biaya. Jadi, kurangi limbah dan sisa produk di *End of Life (EOL)* mereka dengan mengizinkan produk digunakan kembali, diproduksi ulang, dan didaur ulang [8].

2. Material dan metode penelitian

Objek penelitian yang diteliti di penulisan tesis ini adalah pompa tipe progressive cavity dengan tipe yang menggunakan stator silinder pejal dan berongga. Objek penelitian dibuat dengan menggunakan *software* Solidworkd 2014. *Software* solidwork dapat digunakan untuk membuat gambar *CAD 3D* dan analisis *flow simulation* untuk melihat komponen laju aliran dan tekanan pada pompa.

Yang menjadi fokus penelitian adalah komponen stator pada pompa *PC* dan komponen-komponen bodi pompa yang berhubungan dengan geometri stator, karena akan dirancang ulang bentuk stator berdasarkan prinsip-prinsip *Design for Disassembly (DfD)*.

Urutan penelitian secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu *flow chart* prosedur penelitian sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram aliran penelitian

Data penelitian diambil dari sumber-sumber gambar dimensi pompa *progressive cavity* dan mengukur langsung dari literatur dimensi pabrikan pompa merk Soltec dengan model 045L01 agar lebih memudahkan dalam pengambilan data.

Desain stator yang mengikuti kaidah geometri menurut Gambar 2 adalah mempunyai dimensi-dimensi yang dipersyaratkan untuk membuat gambar stator dan rotor, dimensi-dimensi yang diambil dari data di lapangan adalah:

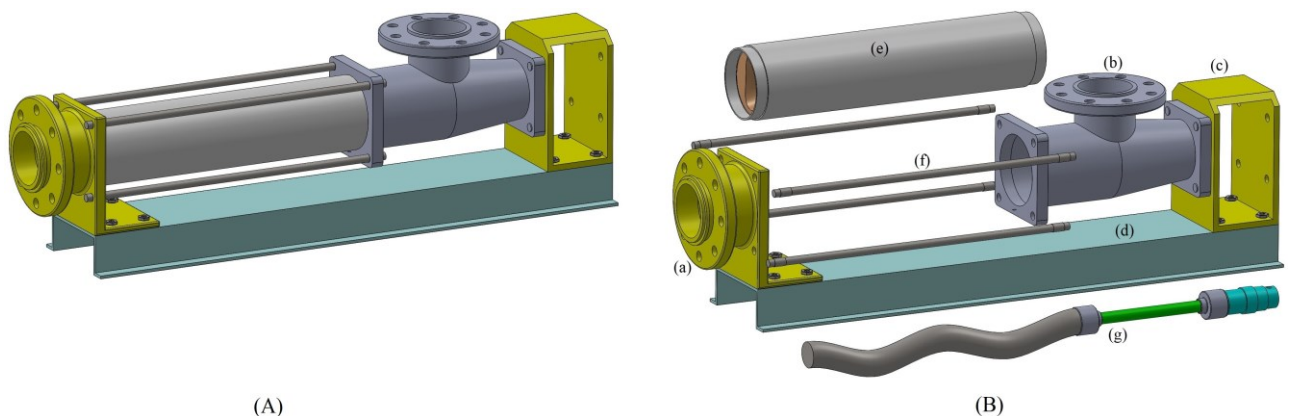
- Panjang rotor = $L = 492$ mm
- Eccentricity = $e = 12.8412$ mm
- Rotor minor dia = $d = 44$ mm
- Half Rotor minor dia = $44/2 = 22$ mm
- Rotor major dia = Rmj
- = $d + 2e = 44 + 2 (12.8412) = 69.6824$ mm

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Hasil Desain CAD stator dan rotor pompa PC

Proses pengambilan data yang dilakukan adalah dengan dimensi pompa *progressive cavity* yang berdasarkan pada kapasitas $16 \text{ m}^3/\text{jam}$, dan mengikuti dimensi pompa Soltec. Pembuatan gambar dilakukan secara bertahap menggunakan *software* Solidworks 2014 pada dua kondisi yaitu pompa sebelum *DfD* (pompa non-*DfD*) dan pompa sesudah *DfD* (pompa *DfD*).

Terlebih dahulu akan ditentukan material untuk bahan karet stator, kemudian data-data material karet *NBR* tersebut dimasukkan ke dalam data material di solidworks. Pertama perlu diketahui bentuk geometri pompa sebelum dilakukan *DfD* pada stator dan rotor dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut:

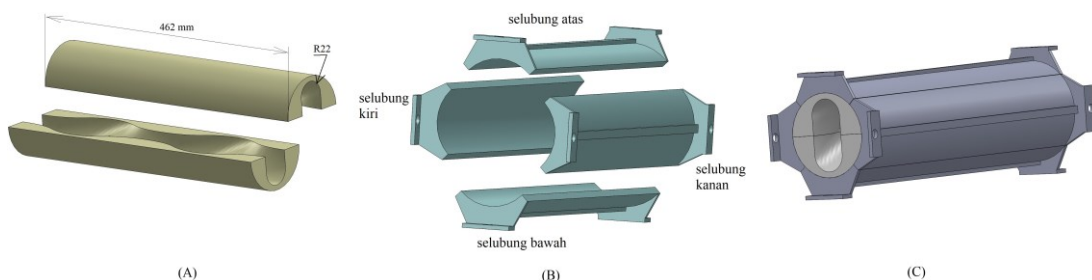


Gambar 5. (A) Pompa sebelum *DfD* bentuk terakit, (B) Pompa sebelum *DfD* bentuk komponen terpisah

Berdasarkan komponen-komponen pompa PC non *DfD* di atas, dilakukan perubahan bentuk pompa dengan cara menganalisa *design for disassembly (DfD)* pada perubahan bagian statornya dan rotornya saja yaitu pada komponen nomor a, b dan d, sedangkan komponen nomor c, e, f dan g tidak mengalami perubahan.

Bentuk stator yang pada umumnya ada di pasaran atau karet stator yang sudah terakit dengan selubung metal dapat dilihat pada Gambar 5B di bagian e, stator tersebut terbuat dari karet *NBR* dan ditutupi oleh selubung metal. Stator non *DfD* perlu dibungkus oleh lapisan metal agar stator terhindar dari kerusakan terhadap lingkungan luar dan tekanan karet stator saat pompa dioperasikan bisa terjaga oleh lapisan luar yang terbuat dari metal tersebut. Pada umumnya stator non *DfD* sudah tersedia dalam bentuk gabungan karet stator dan lapisan metal atau disebut juga dengan selubung stator.

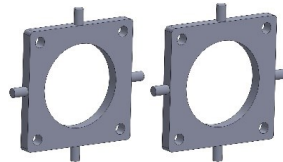
Selanjutnya dilakukan desain *DfD* pada bagian stator dengan menggambar karet stator menjadi terbelah dua bagian atas dan bawah, dan menggambar selubung stator menjadi empat bagian yang dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. (A) stator *DfD*, (B) Selubung metal stator *DfD*, (C) Rakitan stator dan selubung stator *DfD*

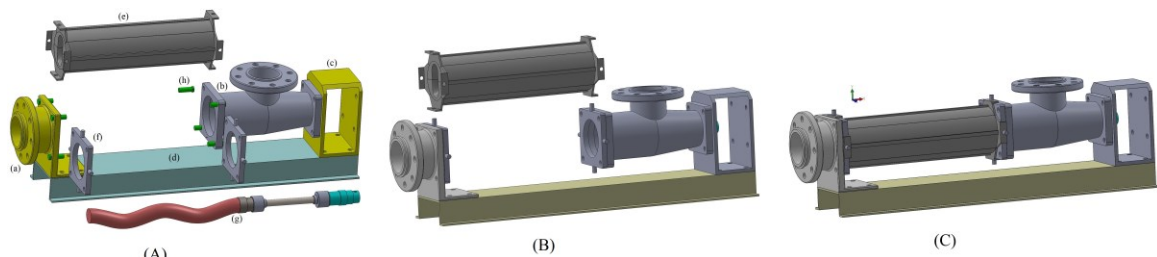
Pada Gambar 6 perubahan bentuk stator dilakukan dengan membuat karet stator menjadi 2 bagian, dan panjang stator mengalami pengurangan menjadi 462 mm pada Gambar 6A, karena sisa panjang stator digunakan untuk membuat ketebalan dari *bracket* stator. Untuk meletakkan stator pada pompa perlu dibungkus dengan menggunakan selubung metal pada Gambar 6B, agar stator aman terhadap kondisi luar dan tidak mengalami kerusakan saat digunakan, selubung stator yang tadinya berbentuk seperti Gambar 5B (e), maka selubung stator dibuat menjadi 4 bagian, agar proses perakitan stator ke pompa lebih mudah. Kedua bagian stator dipasang dan ditutupi oleh ke empat buah komponen selubung, dapat terlihat pada Gambar 6C.

Untuk memasang selubung stator pada *flange discharge (outlet)* dan *casing inlet*, diperlukan *flange bracket* tambahan, karena pada pompa non *DfD* tidak terdapat baut untuk meletakkan selubung stator, dibuat *flange bracket* sebanyak 2 buah, berikut gambar *flange bracket* pada Gambar 7. *Flange bracket* dipasang pada *flange discharge* dan *flange suction inlet* dengan menggunakan baut dan mur.



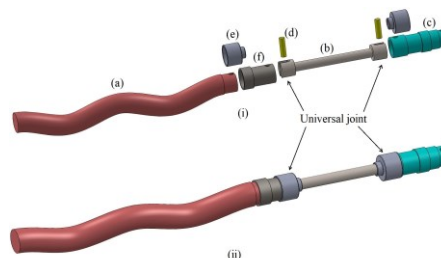
Gambar 7. *Flange bracket* selubung stator *DfD*

Kemudian, stator dan selubung dirakit pada unit pompa secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 8. Stator yang sudah dirakit, dipasang pada *bracket* stator dan dikencangkan dengan menggunakan mur, pertama kali dipasang selubung stator pada satu bagian, kemudian dipasang karet stator. Setelah karet stator sudah terpasang dengan baik, maka selubung stator dipasang semuanya dan dikencangkan pada *bracket* stator (Gambar 7). Komponen-komponen yang membentuk pompa sesudah *DfD* dapat dipecah dan disebutkan satu-persatu mengacu kepada Gambar 8A sebagai berikut:



Gambar 8. (A) Pompa *DfD* komponen terpisah, (B) stator terpisah, (C) Rakitan pompa *DfD*

Karena stator mengalami perubahan, maka komponen rotor juga dilakukan desain ulang, dengan menambahkan *hub* kopling, agar proses pembongkaran dan pemasangan rotor dapat mudah dilakukan. Berikut gambar yang memperlihatkan hasil desain rotor setelah dilakukan *DfD* pada Gambar 9 sebagai berikut:



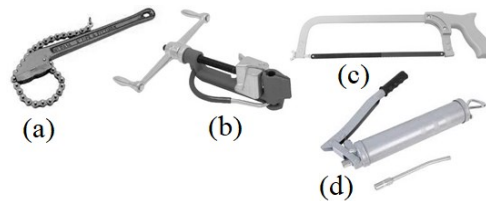
Gambar 9. Rotor *DfD* dan komponen pemutar yang belum terakit yang sudah dirakit

Pada rakitan rotor *DfD* terlihat perbedaan dengan rakitan rotor sebelum di *DfD*, pada rotor *DfD* ada penambahan komponen nomor (f) kopling *hub*, yang berfungsi sebagai penyambung dengan *universal joint*, karena di bagian kopling *hub* tidak ada bagian yang diberikan *grease* sehingga bagian ini adalah bagian yang bisa dibuka untuk melepas rotor tanpa harus membuka karet pelindung *pin universal joint*.

Perbedaannya dengan rakitan rotor sebelum *DfD* adalah adanya tambahan komponen (e) kopling *hub*, yang menghubungkan *universal joint* dengan rotor, pada rakitan rotor *DfD* sambungan antara rotor dengan kopling *hub* adalah sambungan tetap sehingga tidak perlu diberikan pelumas (*grease*), sehingga apabila rotor mengalami kerusakan hanya melepaskan rotor dari kopling *hub* sehingga tidak perlu untuk mengganti *rubber joint* dan menambah pelumas.

3.2 Hasil Perbandingan Alat Bantu

Pada proses pelepasan dan pemasangan stator dan rotor pompa non *DfD* dan *DfD* memerlukan alat bantu untuk memudahkan membuka pengikat karet kopling, baut stator dan memutar stator, terdapat beberapa perbedaan jenis alat yang digunakan, alat-alat yang digunakan pada pompa non *DfD* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Alat bantu pompa non *DfD*

Alat-alat yang digunakan pada pelepasan dan pemasangan stator pompa non *DfD* adalah (a) kunci pipa, (b) *stripping tools*, (c) gergaji besi (d) pompa *grease*. Harga total keseluruhan alat tersebut diestimasi adalah Rp 2,100,000.

Kemudian alat-alat yang digunakan pada pompa non *DfD* dapat dilihat pada Gambar 11 sebagai berikut:



Gambar 11 Kunci pas

Alat-alat yang digunakan pada pelepasan dan pemasangan stator dan rotor pompa *DfD* hanya dibutuhkan kunci pas untuk melakukan pembongkaran pada pompa *DfD*, dengan perkiraan harga satu set kunci pas hanya seharga Rp 150,000. Sehingga persentase perbandingan harga alat bantu pompa *DfD* sebesar 7.14% biaya tools lebih murah daripada pompa non *DfD*.

3.3. Hasil Perbandingan Jumlah dan Harga Waste

Komponen-komponen yang diganti pada saat pelepasan stator dan rotor pompa non *DfD* dan pompa *DfD* dapat dibuat tabel perbandingan jumlah komponen-komponen yang perlu diganti saat penggantian stator dan rotor pada pompa non *DfD* adalah seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah dan harga komponen di pompa non *DfD*

No	Komponen	Material	Berat (kg)	Jumlah	Unit	Harga/kg (Rp)	Total harga (Rp)
1	karet stator	<i>NBR</i>	3.34	1	pcs	26,600	88,844.00
2	Selubung stator	<i>Cast SS</i>	10.11	1	pcs	218,200	2,206,002.00
3	Rotor non- <i>DfD</i>	<i>AISI 1045</i>	5.95	1	pcs	34000	202,300.00
4	<i>Rubber joint</i>	<i>NBR</i>	0.0021	1	pcs	23,600	49.56
5	<i>Grease</i>		0.3	1	pcs	200,000	60,000.00
Total							2,557,195.56

Tabel 2. Jumlah dan harga komponen di pompa *DfD*

No	Komponen	Material	Berat (gr)	Jumlah	Unit	Harga/kg (Rp)	Total harga (Rp)
1	Karet stator <i>DfD</i> atas	<i>NBR</i>	1.57	1	pcs	23,600	37,052.00
2	karet stator <i>DfD</i> bawah	<i>NBR</i>	1.57	1	Pcs	23,600	37,052.00
3	Rotor <i>DfD</i>	<i>AISI 1045</i>	5.74	1	pcs	34,000	195,160.00
Total							269,264.00

Perbandingan dari Tabel 2 dan Tabel 3 memperlihatkan jumlah komponen yang dibuang saat mengganti stator dan rotor dengan selisih Rp 2,548,699.99 – Rp 269,180.04 = Rp 2,279,519.942 apabila digunakan pompa setelah dilakukan *DfD*. Jadi, apabila menggunakan pompa setelah dilakukan *DfD* lebih untuk setiap perawatan untuk penggantian komponen stator dan rotor. Dari perbedaan pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dihitung persentase perbedaan harga dari *waste* antara pompa non *DfD* dan pompa *DfD* sebagai berikut:

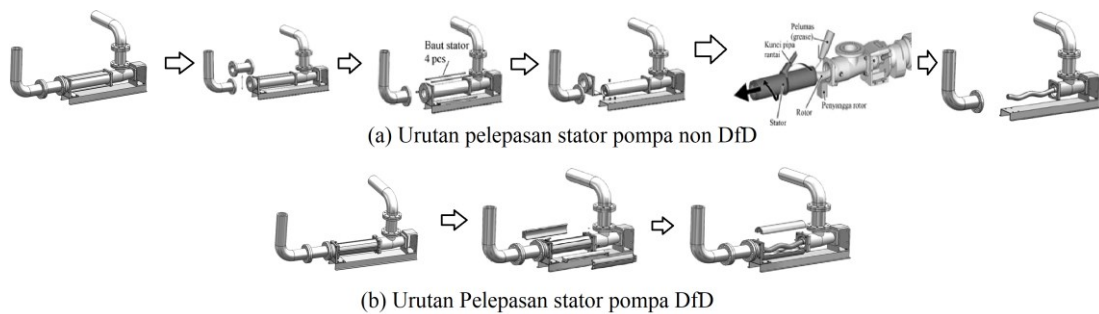
$$\% \text{harga waste pompa DfD} = \frac{269,264.00}{2,557,195.56} \times 100\%$$

$$\% \text{harga waste pompa DFD} = 10.5\%$$

Sehingga dapat kita lihat persentase *waste* yang terjadi pada pompa setelah *DfD* saat dilakukan penggantian stator dan rotor mempunyai persentase harga 10.5% lebih rendah daripada harga *waste* pompa non *DfD*.

3.4. Hasil Perbandingan Waktu Pelepasan Komponen Stator

Pada proses pelepasan komponen stator juga dapat menghasilkan pengurangan waktu yang signifikan setelah dilakukan *DfD*, hal ini dikarenakan bentuk stator *DfD* yang lebih sederhana sehingga pemasangan stator hanya cukup dikerjakan menggunakan kunci pas saja dan tidak perlu membuka pipa *outlet* pompa. Perbandingan urutan-urutan pelepasan stator pompa non *DfD* dan *DfD* dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 12. Urutan-urutan pelepasan stator pompa non *DfD* dan pompa *DfD*

Waktu pelepasan stator pada pompa non *DfD* sebanyak 5 urutan adalah selama 70 menit, sedangkan waktu pelepasan stator pompa *DfD* sebanyak 2 urutan adalah selama 16 menit, sehingga persentasi pelepasan stator pada pompa *DfD* sebesar 23% lebih cepat dibandingkan proses pelepasan stator pada pompa non *DfD*.

3.5. Pembahasan Perhitungan Teoritis

Pada pengamatan terhadap kinerja pompa, perlu dilakukan perhitungan secara manual yang mengikuti teori-teori dari penulis yang sudah ada. Laju aliran cairan atau partikel di dalam pompa merupakan cairan yang berputar di dalam stator pompa relatif terhadap putaran rotor. Berikut perhitungan laju aliran cairan mengikuti rumus sebagai berikut [20] dengan memasukkan nilai kecepatan putar maksimum pompa (*n*) 250 rpm, nilai eksentrisitas rotor (*e*) 12.84mm, diameter rotor (*d*) 44 mm dan nilai pitch rotor (*p*) 246 mm [20].

$$\text{Kecepatan maksimum partikel} = \frac{\pi}{n} \times \sqrt{\pi^2(4e + d)^2 + P^2}$$

$$\frac{\pi}{250} \times \sqrt{\pi^2(4(12.84) + 44)^2 + (246)^2}$$

Maka, nilai kecepatan maksimum partikel adalah 3.1 m/s. Pada perhitungan kecepatan maksimum partikel adalah kecepatan relatif saat partikel-partikel slurry dibawah oleh cairan melalui elemen-elemen pemompaan seperti stator dan rotor, namun di bawah rata-rata kecepatan cairan saat melewati stator dan rotor dapat dihitung sebagai berikut [5]:

$$AFV \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{hr} \right)}{3600 \times 4ed(m^2)}$$

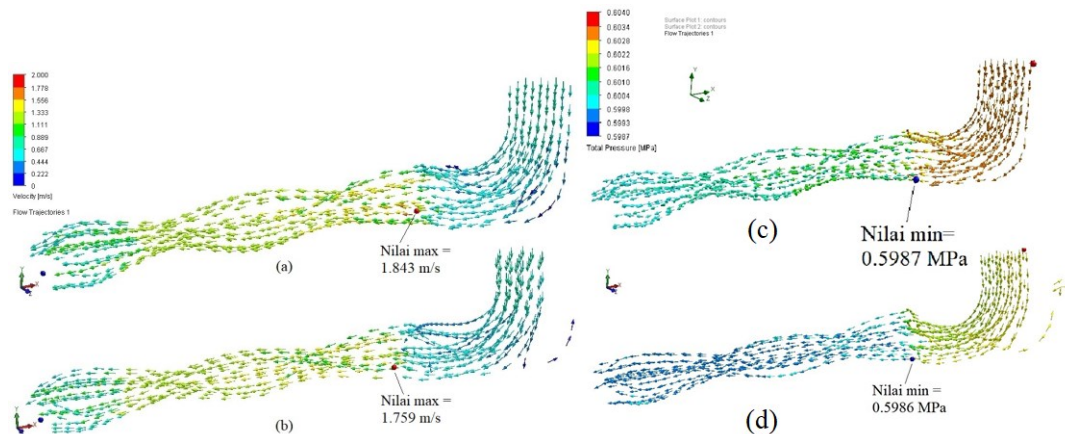
$$\frac{16 \left(\frac{m^3}{hr} \right)}{3600 \times 4 (0.0128 mm) (0.044 mm)} = 1.97 m/s$$

Dengan memasukkan parameter-parameter lalu aliran (*Q*) 16 m³/hr, nilai eksentrisitas rotor (*e*) 0.0128 mm dan diameter rotor (*d*) 0.044 mm, maka nilai kecepatan rata-rata cairan di dalam stator dan rotor adalah 1.97 m/s.

Nilai 1.97 m/s adalah kecepatan rata-rata cairan di dalam stator, meskipun nilai yang terbaca pada simulasi aliran di Solidworks sebesar 1.754 m/s untuk kecepatan maksimumnya, namun nilai perhitungan manual sudah mendekati nilai simulasi *software*, karena nilai simulasi *software* adalah kecepatan di semua bagian komponen pompa, tidak hanya di bagian statornya saja.

3.6. Pembahasan Analisa *Flow Simulation* pompa non *DfD* dan pompa *DfD*

Setelah stator pompa diganti menjadi bentuk yang lebih sederhana, perlu dianalisa kinerja dari stator tersebut menggunakan aplikasi solidworks, apakah kondisi laju aliran dan tekanan di dalam pompa mengalami perubahan yang sangat besar atau tidak.



Gambar 13. (a-b) Aliran kecepatan pompa non-*DfD* & Aliran kecepatan pompa *DfD*, (c-d) Tekanan pompa non-*DfD* dan pompa *DfD*

Pada simulasi ini menggunakan *software* solidworks, dengan memasukkan variabel kondisi *flow rate* 16 m³/jam pada bagian *inlet* (masuk) dan tekanan 0.6 MPa di bagian *outlet* (keluaran), jenis fluida yang dimasukkan pada simulasi adalah *slurry*. Bentuk kecepatan pada pompa non *DfD* dan pompa *DfD* dapat dilihat pada Gambar 13.

Pada Gambar 13 (a-b) terlihat di keseluruhan bagian stator di dominasi warna hijau muda dan kuning dengan rata-rata kecepatan antara 0.889 sampai dengan 1.556 m/s, dengan titik kecepatan tertinggi pada awal masuk stator yaitu 1.843 m/s, Namun dari nilai maksimum yang terjadi perbedaannya adalah 1.843-1.759=0.084 m/s.

Dan dari gambar 13 (c-d) terlihat perbedaan nilai minimum tidak begitu besar hanya sebesar 0.5986-0.5987=0.001 MPa. Dari kedua perbandingan antar pompa non *DfD* dan *DfD* di atas terlihat tidak begitu signifikan nilai kecepatan dan tekanan yang terjadi pada statornya. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi stator pompa *progressive cavity* menjadi bentuk terbelah tidak mempengaruhi kinerja pompa secara signifikan.

4. Kesimpulan

Telah berhasil dilakukan optimasi pada pompa *progressive cavity* dengan merubah bentuk stator dari stator silinder pejal menjadi silinder terbelah dengan metode *design for dissassembly (DfD)*, dengan hasil-hasil yang di dapatkan setelah pompa dilakukan *DfD* sebagai berikut:

- Pompa *DfD* mempunyai biaya peralatan (*tools*) dengan persentase 7.14% lebih murah dibanding harga *tools* pada pompa non *DfD*.
- Nilai deviasi persentase waktu yang dihasilkan, penggantian stator pompa sesudah *DfD* mempunyai durasi waktu lebih sedikit 23% dibandingkan pompa sebelum *DfD*.
- Persentase selisih harga komponen yang terbuang (*waste*) pada pompa *DfD* lebih kecil 10.6% daripada pompa non *DfD* pada saat penggantian stator dan rotor.
- Perbedaan nilai kecepatan aliran dan tekanan pompa non *DfD* dan pompa *DfD* tidak begitu signifikan sehingga performa pompa setelah dilakukan desain ulang pada stator tidak mengalami perubahan dan akan tetap bekerja dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Prasad, V.D., Subramanian, S., 2014, "Successful Filter Press Pump Selection Guide," *Filtration+ Separation*, 51(5): 28–31.
- [2] Al-Safran, E., Aql, A., Nguyen, T., 2017, "Analysis And Prediction Of Fluid Flow Behavior In Progressing Cavity Pumps," *Journal of Fluids Engineering*, 139(12).
- [3] Wang, H., Yang, D., 2011, "Systematic Approach For Improving Performance Of Progressive Cavity Pumping Systems In A Deep Heavy Oil Reservoir," *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*, 2(9): 168–175.
- [4] Zheng, L., Wu, X., Han, G., Li, H., Zuo, Y., Zhou, D., 2018, "Analytical Model For The Flow In Progressing Cavity Pump With The Metallic Stator And Rotor In Clearance Fit," *Mathematical Problems in Engineering*, 2018.
- [5] Nesbitt, B., 2006, "Handbook Of Pumps And Pumping: Pumping Manual International," Elsevier.
- [6] McAllister, E.W., 1993, "Pipe Line Rules Of Thumb Handbook," Houston, Tex..

- [7] Whittaker, L.V., 2003, "*Evaluation And Analysis Of Wear In Progressive Cavity Pumps*," Doctoral dissertation, University of Hull.
- [8] Rios, F.C., Chong, W.K., Grau, D., 2015, "*Design For Disassembly And Deconstruction-Challenges And Opportunities*," *Procedia engineering*, 118: 1296–1304.