

## TEKNIK DASAR REKONSTRUKSI 3D IMPELLER POMPA

**Bambang Setiadi**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri – ISTN

Jl. Moh. Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640.

Email: [bambangsetiadi13@gmail.com](mailto:bambangsetiadi13@gmail.com)

### ABSTRACT

*The reconstruction technique is part of the product life cycle, with the reconstruction technique easier in developing products that do not have or lose technical data. 3D reconstruction techniques using silicon rubber printing techniques can be used especially for the invisible parts, so with this technique does not damage the impeller to be reconstructed. In this research begins by doing viscosity test using falling ball method, then mixing silicone rubber with catalyst or hardener 4% for 30 minutes drying time. A tensile test is needed to find out whether the silicone rubber is deformed after being pulled or broken. The result of 3D impeller reconstruction is obtained as follows:  $D_1 = 41 \text{ mm}$ ,  $D_2 = 128 \text{ mm}$ ,  $z = 6$ ,  $b_1 = 7 \text{ mm}$ ,  $b_2 = 4 \text{ mm}$ ,  $z = 6 \text{ pieces}$ ,  $\beta_1 = 148,11^\circ$  and  $\beta_2 = 163,36^\circ$ . After validation of 3D impeller reconstruction technique, it was found that with 75 liters / minute capacity in obtaining pump head 29,18 meters, the result of accuracy of reconstruction technique using silicone rubber is 97%. Silicone rubber can be used for 3D reconstruction process. The advantages of this method, among others, the cost to reconstruct 3D is very affordable, can be done in the field where the product is located (portable) and the results are accurate.*

**Keywords:** *Reconstruction Technique, Silicone Rubber, Impeller, Catalyst, Hardener*

### 1. PENDAHULUAN

Teknik rekonstruksi tiga dimensi (3D) merupakan suatu proses pembuatan kembali model 3D suatu objek berdasarkan data fisik serta geometri dari objek tersebut (Lkeuchi, 2001). Proses ini dilakukan dalam lingkungan spasial virtual dengan bantuan komputer, sehingga model yang dihasilkan akan berupa model 3D digital. Data fisik serta geometri objek yang akan direkonstruksi diperoleh melalui serangkaian pengukuran yang dilakukan baik secara aktif maupun secara pasif (Brian Curless, 1999). Rekayasa ulang terhadap komponen industri meliputi peningkatan kemampuan, modifikasi, dan sebagainya. Sehingga dapat diperoleh desain baru dengan kemampuan dan kualitas yang lebih baik. Untuk membantu proses rekonstruksi guna mendapatkan geometri bagian yang tidak terlihat di gunakan Karet silikon *Room Temperature Vulcanized* (RTV) dengan bahan reaksi platinum katalis. Karena proses pembuatannya atau pencetakan untuk mendapatkan geometri sudu impeler yang tidak terlihat hanya membutuhkan temperatur rendah  $25^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$  penuangan tanpa tekanan

dan viskositasnya rendah. Teknik rekonstruksi 3D digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri untuk melakukan analisa performa komponen industri yang tidak memiliki atau kehilangan dokumen teknik dan dapat juga di gunakan untuk kebutuhan *Remaining Life Assessment* yang merupakan jasa pengkajian, untuk menentukan sisa masa ekonomi suatu peralatan dengan menggunakan teknologi tertentu, pengujian, pengukuran, serta pengolahan data operasi dan pemeliharaan sehingga keputusan terbaik terkait pengelolaan aset dapat diambil lebih dini. Teknik ini dibutuhkan untuk membantu mengetahui kemampuan performa suatu alat industri yang hilang data tekniknya, kehilangan data teknik dapat terjadi pada komponen industri yang sudah tua atau baru namun data tentang komponen industri tersebut hilang atau tidak lengkap sehingga dibutuhkan teknik rekonstruksi untuk mendapatkan data teknik tersebut sehingga komponen industri tersebut dapat diketahui kemampuan performanya.

Berdasarkan uraian diatas maka fokus penelitian ini adalah tentang teknik dasar rekonstruksi 3D untuk impeler pompa sentrifugal tipe tertutup. Teknik ini merupakan teknik dasar dalam melakukan rekonstruksi 3D tanpa harus merusak komponen yang akan di rekonstruksi 3D. Karet silikon RTV digunakan untuk membantu mendapatkan data teknik geometri impeler yang tidak terlihat. Dengan teknik ini memungkinkan kegiatan rekonstruksi 3D dapat dilakukan dengan cara yang mudah, dapat dilakukan dimana saja dan biaya yang relatif murah namun data yang didapat bisa digunakan untuk kebutuhan menganalisa Impeler pompa.

Kegiatan penelitian akan difokuskan pada cara dan teknik mendapatkan data teknik /dimensi/ geometri dari impeler pompa sentrifugal tipe tertutup yang hilang atau tidak lengkap. Tahapan pengujian dilakukan untuk mendapatkan campuran antara karet silikon dengan katalis atau hardener. Setelah dilakukan didapatkan campuran yang tepat dilakukan Uji tarik, untuk mengetahui apakah adanya deformasi plastis dari karet silikon tersebut. Dilakukan validasi untuk mengetahui apakah metode ini dapat di gunakan untuk melakukan rekonstruksi 3D Impeler pompa. Pada penelitian ini tidak sampai pada tahap pembuatan prototipe atau impeler pompa yang telah di rekonstruksi 3D, Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Melakukan rekonstruksi 3D untuk impeler pompa agar mendapatkan data teknik yang kurang lengkap atau hilang.
- Teknik rekonstruksi 3D impeler pompa dilakukan menjadi lebih sederhana dan harga yang relatif terjangkau serta portabel.
- Teknik rekonstruksi impeler pompa menggunakan karet silikon untuk memenuhi kebutuhan industri untuk melakukan analisis performa namun tidak memiliki atau kehilangan data tekniknya.

Penelitian teknik rekonstruksi 3D menggunakan Impeller pompa seperti yang terlihat pada Gambar 1 sebagai objek penelitian, Teknik rekonstruksi di butuhkan untuk mendapatkan data teknik dari Impeller pompa, data teknik yang diambil dari Impeller pompa didapat dengan tidak merusak.



**Gambar 1. Impeller pompa**

Untuk mendapatkan data teknik impeller pada bagian yang terlihat diukur menggunakan *vernier caliper* (jangka sorong), sedangkan untuk bagian yang tidak terlihat peneliti menggunakan karet silikon RTV seperti yang terlihat dari Gambar 2, menggunakan karet silikon untuk mendapatkan data teknik dari sudu-sudu Impeller.



**Gambar 2. karet silikon dan hardener**

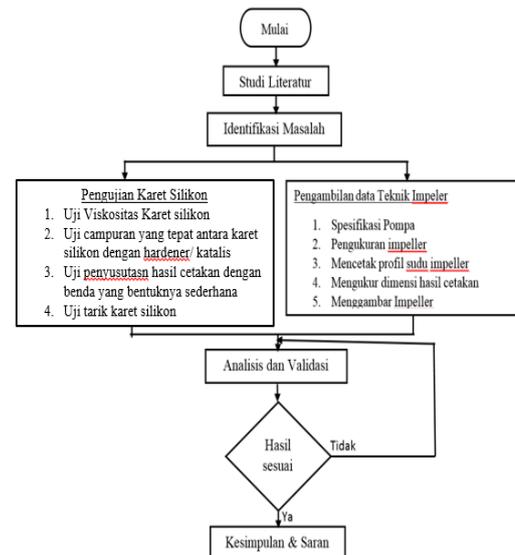
Setelah seluruh data teknik dari Impeller pompa diketahui selanjutnya dilakukan penggambaran, untuk selanjutnya analisa dan dilakukan validasi apakah teknik yang di pilih tepat dan memiliki hasil yang baik serta dapat di gunakan untuk merekonstruksi komponen industri dengan tidak merusak komponennya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar metodologi penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan yakni:

- Tahap pertama yaitu tahapan persiapan, dilakukan dengan studi literatur serta melakukan survey tentang ketersediaan peralatan dan bahan yang mendukung terlaksananya penelitian ini.
- Tahapan kedua dilakukan pengujian nilai viskositas dari karet silikon, pengujian ini menggunakan metode bola jatuh. Viskositas penting di ketahui untuk mengetahui fluiditas atau kemampuan suatu fluida untuk mengalir masuk ke dalam cetakan sebelum membeku.
- Tahapan yang ketiga pengujian paduan atau campuran yang tepat antara *hardener* (katalis) dan karet silikon agar bisa digunakan dalam mencetak atau mendapatkan dimensi Impeller yang tidak terlihat. Untuk mendapatkan campuran yang tepat di lakukan dengan mencoba mendapatkan dimensi bagian yang tidak terlihat dari beberapa objek.
- Tahapan yang keempat adalah Menguji apakah setelah di dapat campuran yang tepat setelah dilakukan pencetakan terjadi penyusutan pada hasil cetakan, karena jika terjadi penyusutan maka metode ini tidak dapat di gunakan untuk melakukan rekonstruksi komponen industri.
- Tahapan yang kelima dilakukan pengujian tarik karet silikon, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ketika ditarik karet silikon mudah putus dan adanya perubahan bentuk.
- Tahapan yang keenam dilakukan proses pencetakan untuk mengetahui bentuk profil dari sudu Impeller pompa untuk selanjutnya dapat diketahui dimensi dari Impeller secara keseluruhan.
- Tahapan ketujuh dilakukan penggambaran ulang atau rekonstruksi 3D dari objek yang telah didapatkan dimensi keseluruhannya.
- Tahapan terakhir penelitian ini dilakukan analisa dan validasi terhadap data teknik yang telah didapat

Prosedur penelitian yang akan dilaksanakan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses penelitian

### Pengujian karet silikon

Karet silikon di uji untuk mengetahui apakah dapat di gunakan dalam penelitian tentang teknik rekonstruksi 3D untuk Impeller. Pengujian yang dilakukan terhadap karet silikon yakni :

### Pengujian Viskositas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai viskositas dari karet silikon. Hal ini disebabkan karet silikon di gunakan untuk mencetak bentuk profil sudu Impeller, dalam proses pencetakan viskositas dari cairan cetakan mempengaruhi tentang proses tersebut. Karena hal ini sangat mempengaruhi seberapa cepat karet silikon mengalir dalam Impeller pompa, agar tidak terjadi keringnya karet silikon sebelum mengisi seluruh rongga sudu Impeller pompa. Pengujian ini menggunakan metode bola jatuh seperti pada Gambar 4. Adapun perlengkapan yang dibutuhkan adalah Kelereng/bola, botol/tabung, timbangan dan *stopwatch*.



Gambar 4. Pengujian viskositas metode bola jatuh

Langkah pertama: mengetahui volume dari bola/ kelereng, lalu ditimbang untuk

mengetahui berat bola/kelereng selanjutnya dapat di hitung masa jenis  $\rho$  dari bola tersebut. Langkah kedua : mengetahui massa jenis dari fluida, dalam penelitian ini karet silikon adalah fluidanya.

Langkah ketiga: lakukan pengujian viskositas dengan metode bola jatuh.

### Uji campuran antara karet silikon dengan hardener

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berapa lama proses pengeringan karet silikon saat pencetakan sudu Impeller pompa. Dalam hal ini sudah tercantum dalam kemasan karet silikon, dimana tertulis perbandingan yang diinginkan untuk campuran antara karet silikon dengan hardenernya. Semakin banyak hardener yang digunakan dalam proses pencampuran maka akan semakin cepat karet silikon kering. Hal ini memungkinkan karet silikon akan kering sebelum mengisi ke seluruh rongga Impeller.



Gambar 5. Pengujian pencampuran karet silikon dengan hardener serta melihat apakah ada penyusutan pada hasil cetakan.

Menurut aturan pakai yang terdapat dalam kemasan karet silikon RTV perbandingan campuran antara Karet silikon dengan katalis/hardenernya adalah sebagai berikut :

- 4% katalis akan mengeraskan karet silikon dalam waktu 30 menit
- 5% katalis akan mengeraskan karet silikon dalam waktu 20 menit

Untuk mendapatkan waktu pengerasan cepat maka karet silikon dicampur dengan katalis yang lebih banyak.

### Uji penyusutan hasil cetakan

Pengujian ini diperlukan untuk menguji apakah karet silikon yang digunakan untuk mencetak profil akan terjadi penyusutan. Pengujian ini dilakukan menggunakan benda benda yang sederhana, karena jika terjadi

penyusutan maka karet silikon ini tidak dapat digunakan untuk merekonstruksi 3D. Karena ketika terjadi penyusutan maka dimensi dan bentuk sudu Impeller tidak akurat.

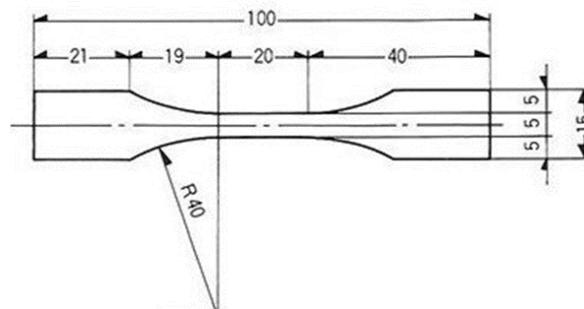


Gambar 6. Proses pencetakan Profil Impeller menggunakan karet silikon

### Uji Tarik Karet Silikon

Pengujian tarik dilakukan di laboratorium teknik mesin institut sains dan teknologi nasional, tahapan pengujian tarik karet silikon sebagai berikut:

Spesimen ujitarik sesuai dengan standar JIS K6251-4 seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Spesimen uji tarik karet silikon (<http://www.dumbbell.co.jp>)

Pembuatan Spesimen uji tarik karet silikon, spesimen dibuat dengan campuran karet silikon dan hardener/katalis sesuai dengan yang akan digunakan untuk mencetak profil sudu impeller seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Spesimen uji tarik karet silikon

Pengujian Tarik karet silikon, menggunakan mesin uji tarik, sehingga tidak terbaca berapa gaya/ tegangan tarik dari karet silikon tersebut. Namun karet silikon sudah meregang hampir 3 kali lipatnya, karet silikon belum

putus, dan ketika di lepas kembali ke bentuk semula.

Pada spesimen yang lain dikarenakan pada proses pencetakan terdapat udara yang terjebak sehingga di dalam karet silikon terdapat rongga sehingga ketika ditarik spesimen tersebut putus, seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Spesimen karet silikon yang cacat

### Data teknik impeller

Data teknik sebuah produk sangat penting untuk memudahkan dalam proses pengembangan sebuah produk, mengetahui umur serta mengetahui performa dari sebuah produk. Data teknik Impeller pompa hasil pengukuran sebelum dilakukan tahapan rekonstruksi 3D. Adapun data teknik yang di peroleh adalah sebagai berikut :

### Spesifikasi pompa

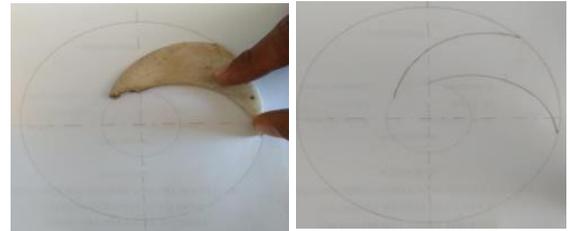
Data ini diperoleh untuk memvalidasi dan menganalisa apakah metode yang di gunakan dalam penelitian ini dapat digunakan, data spesifikasi pompa yang didapat adalah Head pompa, kapasitas pompa dan putaran pompa. Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan dimensi seluruh Impeller baik yang terlihat ataupun bagian yang tidak terlihat, untuk bagian yang terlihat dapat diukur menggunakan *vernier caliper*



Gambar 10. pengukuran bagian diameter impeler

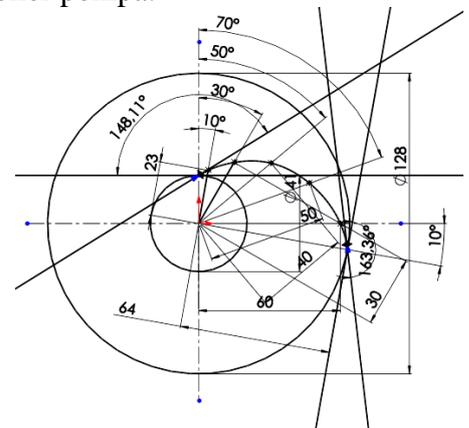
### Mengukur hasil cetakan

Bagian yang tidak terlihat di ukur menggunakan metode pencetakan menggunakan karet silikon, bagian yang tidak terlihat adalah bagian sudu Impeller.

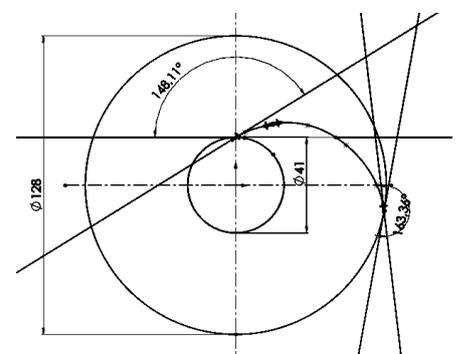


Gambar 11. Pengukuran dan penggambaran hasil cetakan

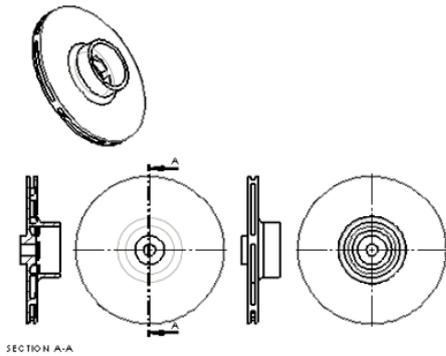
Menggambar 3D Impeller Setelah seluruh dimensi Impeller di dapatkan selanjutnya dilakukan penggambaran dan merekonstruksi 3D Impeller pompa.



Gambar 12. Mengukur dan menggambar profil sudu Impeller



Gambar 13. Sudut masuk dan sudut keluar Impeller



Gambar 14. Impeller pompa 3D

**3. Hasil dan pembahasan**

Pada teknik rekonstruksi 3D Impeller pompa didapatkan beberapa data. Data tersebut akan dianalisa dan di validasi kesesuaian dengan spesifikasi pompa, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil rekonstruksi Impeller pompa

No	Data	Nilai
1	Diameter dalam impeller, $D_1$ (mm)	41
2	Diameter luar impeller, $D_2$ (mm)	128
3	Lebar sisi masuk impeller, $b_1$ (mm)	7
4	Lebar sisi keluar impeller, $b_2$ (mm)	4
5	Sudut masuk impeller, $\beta_1$ (°)	148,11
6	Sudut keluar impeller, $\beta_2$ (°)	163,36
7	Tebal sudu, $s$ (mm)	4
8	Jumlah sudu, $z$	6

**Perhitungan validasi impeller**

Untuk memvalidasi impeller diasumsikan putaran motor adalah 2850 rpm.

• **Kecepatan keliling Impeller ( $u$ )**

Kecepatan keliling fluida masuk Impeller ( $u_1$ )

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60}$$

$$u_1 = 6,12 \text{ m/s}$$

Kecepatan keliling fluida keluar Impeller ( $u_2$ )

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60}$$

$$u_2 = 19,09 \text{ m/s}$$

• **Analisa Head Teoritis Pompa**

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan head pompa untuk memvalidasi hasil rekonstruksi 3D.

- Kapasitas pompa  $Q = 85 \text{ liter/menit}$
- Kecepatan meredian sisi masuk Impeller ( $c_{m1}$ )

$$c_{m1} = \frac{Q}{D_1 \pi b_1}$$

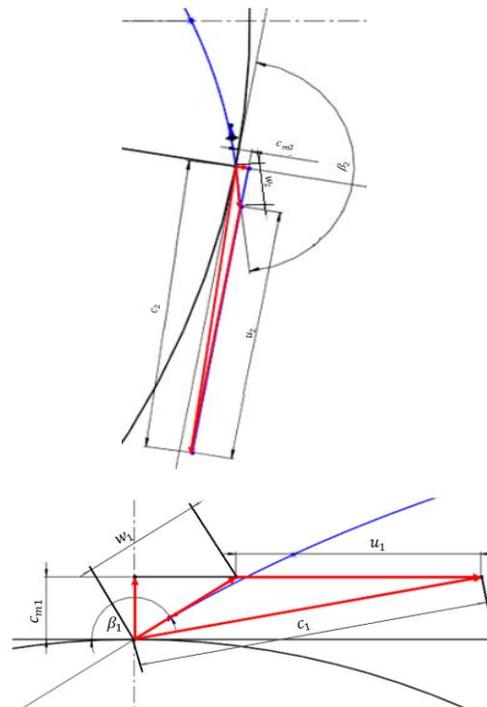
$$c_{m1} = 1,58 \text{ m/s}$$

- Kecepatan meredian sisi keluar Impeller ( $c_{m2}$ )

$$c_{m2} = \frac{Q}{D_2 \pi b_2}$$

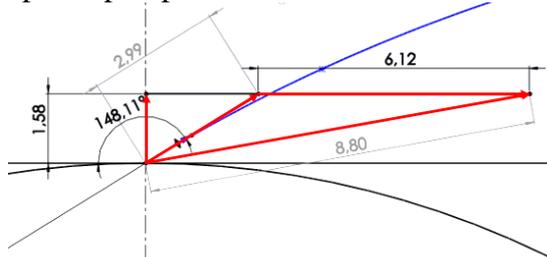
$$c_{m2} = 0,88 \text{ m/s}$$

Setelah diketahui kecepatan keliling fluida dan kecepatan meredian pada sudu masuk dan sudu keluar impeller dapat di gambarkan segitiga kecepatannya seperti terlihat pada Gambar 15.

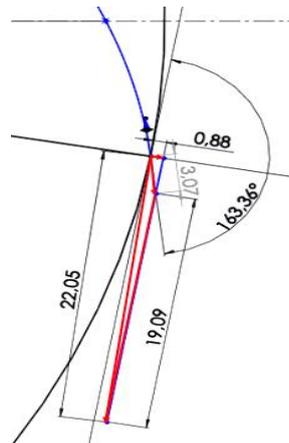


Gambar 15. Segitiga kecepatan Impeller pompa

Dari Gambar 16 gambar segitiga kecepatan Impeller pompa hasil rekonstruksi.



Gambar 16. Segitiga kecepatan sudu masuk



Gambar 17. Segitiga kecepatan sudu keluar

Dari Gambar 16 dan 17 dapat terlihat pada Tabel 2, yang merupakan data yang di dapat dari segitiga kecepatan sudu masuk dan sudu keluar untuk kapasitas 85 liter / meit

Tabel 2. Data kecepatan sudu masuk

No	Data	Nilai
1	Kecepatan absolut sudu masuk (m/s)	8,80
2	Kecepatan absolut sudu keluar (m/s)	22,05
3	Kecepatan relatif sudu masuk (m/s)	2,99
4	Kecepatan relatif sudu keluar (m/s)	3,07

**Head teoritis**

$$H_{th\infty} = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$$

$$H_{th\infty} = 37,52m$$

$C_p$  =Pfleiderer' s Correction

$$C_p = \psi \frac{r_2^2}{zM_{st}}$$

Karena  $D_2/D_1 > 2$  maka:

**Koefisien yang tergantung tipe Impeller**

( $\psi$ )

$$\psi = (0,55 - 0,68) + 0,6 \sin \beta_2$$

$$\psi = 0,718$$

**Momen static ( $M_{st}$ )**

$$M_{st} = \frac{1}{2}(r_2^2 - r_1^2)$$

$$M_{st} = 1837,875 \text{ mm}^2$$

**Pfleiderer' s Correction ( $C_p$ )**

$$C_p = \psi \frac{r_2^2}{zM_{st}}$$

$$C_p = 0,27$$

$$H_{th\infty} = H_{th}(1 + C_p)$$

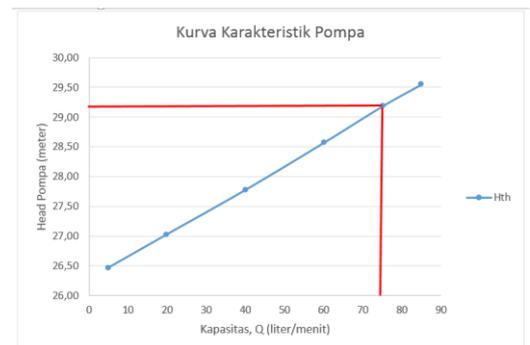
$$H_{th} = 29,54 \text{ meter}$$

Maka untuk kapasitas pompa ( $Q$ ) = 85 liter / menit; head teoritisnya adalah 29,54 meter.

Tabel 3. Validasi Impeler pompa  $\beta_2 > 90^\circ$

NO	Q	rpm	$\beta_1$	$u_1$	$cm_1$	$c_1$	$w_1$	$\beta_2$	$u_2$	$cm_2$	$c_2$	$w_2$	$H_{th}$
1	85	2850	148,11	6,12	1,58	8,80	2,99	163,36	19,09	0,88	22,05	3,07	29,54
2	75	2850	148,11	6,12	1,39	8,47	2,63	163,36	19,09	0,78	21,71	2,72	29,18
3	60	2850	148,11	6,12	1,11	7,98	2,10	163,36	19,09	0,62	21,17	2,17	28,56
4	40	2850	148,11	6,12	0,74	7,35	1,40	163,36	19,09	0,41	20,47	1,43	27,77
5	20	2850	148,11	6,12	0,37	6,72	0,70	163,36	19,09	0,21	19,79	0,73	27,03
6	5	2850	148,11	6,12	0,09	6,2	0,09	163,36	19,09	0,05	19,26	0,17	26,47

Dari Tabel 3 didapat Kurva karakteristik pompa untuk impeller pompa dengan sudut  $\beta_2 > 90^\circ$  seperti terlihat pada Gambar 18



Gambar 18. kurva karakteristik pompa  $\beta_2 > 90^\circ$

**4. SIMPULAN**

- Teknik rekonstruksi merupakan bagian dari siklus kehidupan produk, dengan adanya teknik rekonstruksi akan jauh lebih mudah mengembangkan produk yang tidak memiliki atau kehilangan data teknik.
- Teknik rekonstruksi 3D menggunakan teknik pencetakan menggunakan karet silikon dapat digunakan khususnya untuk bagian yang tidak terlihat, sehingga dengan teknik ini tidak merusak impeler yang akan direkonstruksi.

Pada penelitian teknik rekonstruksi 3D impeler menggunakan menggunakan karet silikon dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Katalis atau hardener yang digunakan untuk mencampur karet silikon adalah 4% sehingga waktu pengeringan yang dibutuhkan pada proses pencetakan  $\pm 30$  menit.
- Viskositas karet silikon setelah diuji menggunakan metode bola jatuh dadah sebesar  $924,28 \frac{kg}{m} .s$ .
- Karet silikon di uji tarik dengan kerenggangan sampai 3 kali lipat, tidak mengalami perubahan bentuk, dan tidak putus.
- Hasil rekonstruksi 3D impeler didapatkan data sebagai berikut :  $D_1 = 41 mm, D_2 = 128 mm, z = 6, b_1 = 7 mm, b_2 = 4 m, z = 6$  buah,  $\beta_1 = 148,11^\circ$  dan ,  $\beta_2 = 163,36^\circ$ .
- Pada validasi teknik rekonstruksi 3D impeler didapat bahwa dengan kapasitas 75 liter/ menit di dapatkan head pompa 29,18 meter hasil keakurasian menggunakan teknik rekonstruksi menggunakan karet silikon adalah sebesar 97%.
- Metode menggunakan karet silikon ini dapat di gunakan untuk proses rekonstruksi 3D. Metode ini memiliki banyak kelebihan diantaranya, biaya untuk merekonstruksi 3D sangat terjangkau, dapat dilakukan dilapangan tempat produk tersebut berada (*portabel*) dan hasilnya akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kumara, P.K. Jain, P.M Pathak, *Reverse Engineering in Product manufacturing: An Overview*.
- DAAMInternational Scientific Book. 2013
- Brandrup.J, Immergut.EH, Grulke E.A., *Polymer Handbook* edisi 4. 1998
- Church H. Austin., *Pompa dan Blower Sentrifugal*. penerbit Erlangga, 1993
- Dietzel Fritz., *Turbin Pompa dan Kompresor* penerbit Erlangga, 1993
- Grellmann Wolfgang, Seider Sabine , *Polymer Testing*. 2007.
- Lazarkiewicz Stephen, Troskolanski T.Adam. *Impeller Pumps*. edisi I., 1965
- Peraturan Presiden nomor 4 tahun 2016 tentang “Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan”
- Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor : 16/MIND/PER/2/2012 tentang ketentuan dan tata cara perhitungan Tingkat komponen Dalam Negeri
- Sularso, *Pompa dan Kompressor* .penerbit Pradnya Paramita, , 2000
- Telea. C.Alexandru. *Reverse Engineering Recent Advances and Applications*. 2012.