

DESAIN BENTUK SUDUT SUDUT ARAH RADIAL PADA POMPA SENTRIFUGAL

Kennie A. Lempoy

Abstrak

Permasalahan pada ketidakpuasan konsumen pada penggunaan pompa air khususnya yang digunakan di rumah tangga, pada saat ini banyak dijumpai, dimana pada umumnya didapat kapasitas dan head pompa air yang berbeda dengan data spesifikasi yang terdapat pada name plate dari pompa. Perbedaan tersebut dapat menyebabkan pemborosan dalam penggunaan energi listrik, dimana energi listrik yang digunakan tidak sesuai dengan hasil yang didapat dari pompa. Tujuan penulisan adalah untuk mengetahui hubungan antara bentuk sudu suatu impeller dan head serta kapasitas suatu pompa, dengan mengetahui hubungan tersebut diharapkan dapat mengatasi permasalahan tersebut. Pada tulisan ini, diberikan variasi tiga jenis bentuk sudu impeller, dimana bentuk-bentuk sudunya adalah: $\beta_2 > 90^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$ dan $\beta_2 < 90^\circ$. Pengaruh bentuk sudu dari suatu impeller akan menyebabkan sudut α dan β akan berubah, yang selanjutnya akan mempengaruhi head teoritis pompa yang dihasilkan.

Kata kunci : head pompa, sudut sudu β dan segitiga kecepatan

1. PENDAHULUAN

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain. Pompa bila dilihat berdasarkan pengubah tenaga, maka dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu: Pompa positif (*positive displacement pump*), dan Pompa non positif (*non positive displacement pump*). Pompa positif diantaranya adalah pompa *impeller*, pada pompa ini terdapat dua bagian utama, yaitu: *Impeller*, dan *Cassing*.

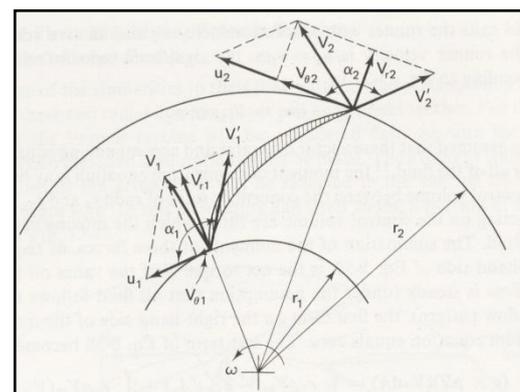
Impeller memegang peranan penting dalam menentukan *head* dan kapasitas pompa, ini disebabkan pada *impeller* terjadi perubahan tenaga mekanik menjadi tenaga kinetik fluida. Pengaruh bentuk sudu dari suatu *impeller* akan menyebabkan sudut α dan β juga akan berubah, dan akan mempengaruhi *head* teoritis pompa yang dihasilkan. Ada 3 macam bentuk sudu *impeller*, dimana bentuk-bentuk sudu adalah : $\beta_2 > 90^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$, dan $\beta_2 < 90^\circ$.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. HEAD POMPA

Head pompa digunakan untuk mengalirkan sejumlah fluida yang direncanakan, menurut Austin C. H., (1985), untuk menganalisa *head* dari suatu pompa diperlukan beberapa keadaan ideal. Pompa ideal adalah dimana pada *impeller* mempunyai sudu-sudu yang tak terhingga banyaknya; $z = \infty$ dan mempunyai ketebalan sudu

sama dengan nol; $b = 0$ (Michael A. M., dan Khepar S. D., 1986). Dari asumsi-asumsi diatas maka bentuk aliran fluida yang terjadi didalam *impeller* atau diantara sudu-sudu mempunyai bentuk yang sama dengan bentuk sudu tersebut, sehingga sudut-sudut α dan β serta arah kecepatan aliran fluida dapat berdasarkan pada bentuk sudu seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Segitiga kecepatan pada pompa

Berdasarkan perubahan momen dari momentum dan segitiga kecepatan (gambar 2), maka didapat *head* teoritis tak berhingga ($H_{t\infty}$), untuk keadaan fluida yang ideal didapat persamaan-persamaan berikut ini:

$$H_{t\infty} = \frac{1}{g}(U_2 \cdot C_{u2} - U_1 \cdot C_{u1}) \quad \dots (1)$$

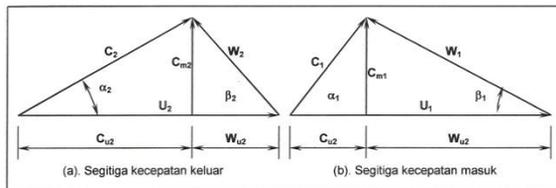
$$H_{t\infty} = \frac{1}{g}(U_2 \cdot C_2 \cdot \cos\alpha_2 - U_1 \cdot C_1 \cdot \cos\alpha_1) \dots (2)$$

$$H_{t\infty} = \frac{1}{2g} \left[(C_2^2 - C_1^2) + (U_2^2 - U_1^2) + (W_1^2 - W_2^2) \right] \dots (3)$$

dimana;

$\frac{C_2^2 - C_1^2}{2g}$: head dinamis yang ditimbulkan karena adanya kenaikan tenaga kinetis

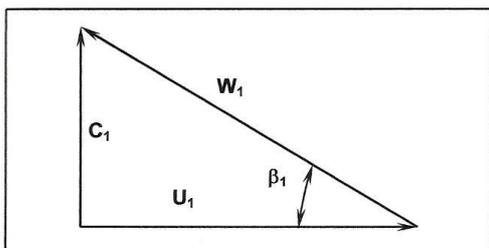
$U_2^2 - U_1^2 = W_1^2 - W_2^2$: head statis yang berasal dari tenaga potensial.



Gambar 2. Segitiga kecepatan

2.2. Head Pompa Sentrifugal

Pada pompa sentrifugal pada umumnya tanpa menggunakan *inlet guide vanes*, sehingga sudut $\alpha_1 = 90^\circ$ dan segitiga kecepatan masuk yang terbentuk seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Segitiga kecepatan masuk pada pompa sentrifugal

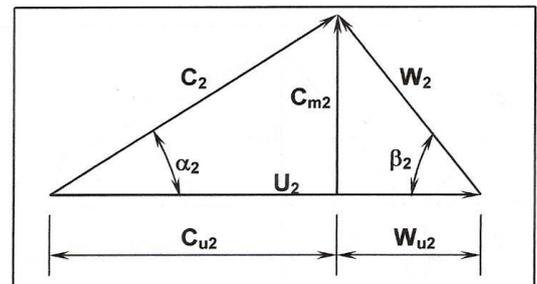
sehingga persamaan (1), (2), dan (3) menjadi sebagai berikut:

$$H_{t\infty} = \frac{U_2 \cdot C_{u2}}{g} \dots (4)$$

$$H_{t\infty} = \frac{1}{g}(U_2 \cdot C_2 \cdot \cos\alpha_2 - U_1 \cdot C_1 \cdot \cos\alpha_1) \dots (5)$$

$$H_{t\infty} = \frac{C_2^2 + U_2^2 - W_2^2}{2g} \dots (6)$$

dari persamaan diatas, maka dapat dikatakan bahwa *head* yang dihasilkan oleh sudut $\alpha_1 = 90^\circ$ lebih besar dari pada *head* yang dihasilkan oleh sudut $\alpha_1 < 90^\circ$, ini disebabkan karena komponen kecepatan C_{u1} atau $C_1 \cos \alpha_1$ menjadi sama dengan nol.



Gambar 4. Segitiga kecepatan keluar

Dari segitiga kecepatan sisi keluar (gambar 4), maka: $C_{u2} = U_2 - W_{u2}$ sehingga persamaan

$$(4) \text{ menjadi: } H_{t\infty} = \frac{U_2 \cdot W_{u2}}{g}$$

$$H_{t\infty} = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2 \cdot W_{u2}}{g} \dots (7)$$

Head maksimum pompa akan didapat apabila $\frac{U_2 \cdot W_{u2}}{g} = 0$, dan ini akan terjadi bila kapasitas pompa = 0, serta $\beta_2 = 90^\circ$, dengan demikian *head* maksimum pompa adalah:

$$H_{t\infty} = \frac{U_2}{g}$$

2.3. Head Pompa Aksial

Pada pompa aksial yang mempunyai diameter masuk dan keluar yang sama, $U_2 = U_1$, dengan demikian maka:

$$C_2^2 = C_{u2}^2 + C_{m2}^2$$

$$C_1^2 = C_{u1}^2 + C_{m1}^2$$

$$W_2^2 = W_{u2}^2 + C_{m2}^2$$

$$W_1^2 = W_{u1}^2 + C_{m1}^2$$

dari persamaan-persamaan diatas bila disubstitusikan kedalam persamaan (3), akan didapat:

$$H_{t\infty} = \frac{C_{u2}^2 - C_{u1}^2}{2g} + \frac{W_{u1}^2 - W_{u2}^2}{2g} \dots (8)$$

jika $\alpha_1 = 90^\circ$

$$C_{u1} = 0 ; W_{u1}^2 - W_{u2}^2 = U,$$

maka persamaan (8) akan menjadi:

$$H_{t\infty} = \frac{C_{u2}^2}{2g} + \frac{U_2^2}{2g} - \frac{W_{u2}^2}{2g} \dots (9)$$

dimana untuk: $C_{u2} = U_2 - W_{u2}$, atau

$$C_{u2}^2 = U_2^2 + W_{u2}^2 - 2U_2W_{u2}$$

sehingga persamaan (9) menjadi:

$$H_{t\infty} = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2 \cdot W_{u2}}{g} \dots (10)$$

dari persamaan diatas, didapat persamaan *head* maksimum untuk pompa sentrifugal dan pompa aksial adalah sama pada sudut $\alpha_1 = 90^\circ$. Persamaan-persamaan tersebut diatas adalah berdasarkan pada asumsi-asumsi ideal tertentu, yaitu: tanpa gesekan, aliran tanpa turbulensi dan pengarahannya dianggap. Tinggi tekanan (*head*) aktual akan lebih rendah dibandingkan dengan *head* teoritis tak berhingga.

Pada *impeller*, terdapat dua jenis aliran yang serempak, yaitu pertama aliran fluida yang melalui laluan, dan yang kedua aliran fluida yang bersirkulasi. Membesarnya sudut α_2 menjadi α_2' , serta mengecilnya sudut β_2 menjadi β_2' pada sisi keluar akan mempengaruhi aliran sirkulasi, dimana pada sisi masuk sudut β_1 membesar, dan sudut α_1 mengecil.

3. PEMBAHASAN

Pengaruh bentuk sudu atau *vane* dari suatu *impeller* akan menyebabkan sudut-sudut α dan β juga berubah, demikian juga dengan *head* teoritis pompa yang dihasilkan akan berubah, hal ini dapat diketahui dari persamaan berikut ini.

$$C_{u2} = U_2 - W_{u2} \dots (a)$$

$$C_{2rad} = W U_2 - tg \beta_2 \dots (b)$$

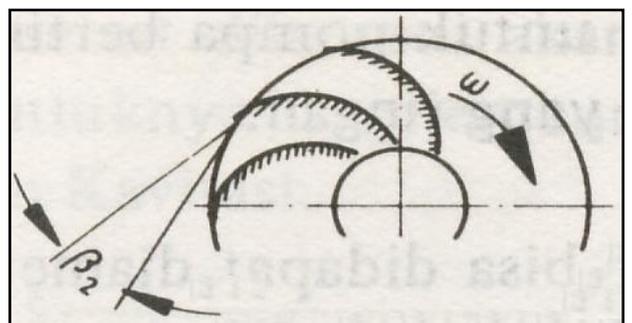
dari substitusi persamaan (a) dan (b) didapat:

$$C_{u2} = U_2 - \frac{C_{2rad}}{tg \beta_2} \dots (c)$$

persamaan (c) substitusi ke persamaan (4), didapat:

$$C_{u2} = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2 \cdot C_{2rad}}{g \cdot tg \beta_2} \dots (11)$$

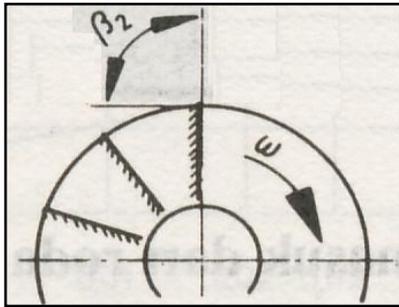
Pada gambar 5, 6, dan 7 ditunjukkan ketiga bentuk sudu dengan sudut $\beta_2 < 90^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$, dan $\beta_2 > 90^\circ$.



Gambar 5. Bentuk sudut yang dibengkokkan kedepan, $\beta_2 < 90^\circ$. (Sumber: Soenoko R, 2002).

Pada gambar 5, ditunjukkan bentuk sudu yang dibengkokkan kedepan (*forward*), $\beta_2 < 90^\circ$ dimana head maksimum pompa adalah:

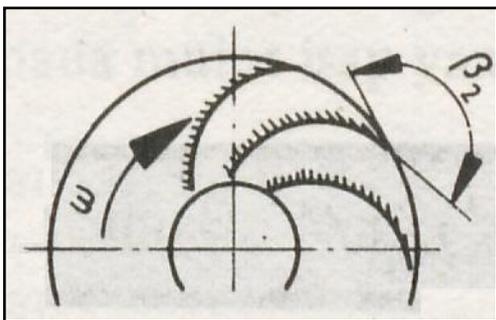
$$H_{t\infty} < \frac{U_2^2}{g}$$



Gambar 6. Bentuk sudu lurus, $\beta_2 = 90^\circ$.
(Sumber: Soenoko R, 2002).

Pada gambar 6, ditunjukkan bentuk sudu lurus (*straight*), $\beta_2 = 90^\circ$ dimana head maksimum pompa adalah:

$$H_{t\infty} = \frac{U_2^2}{g}$$

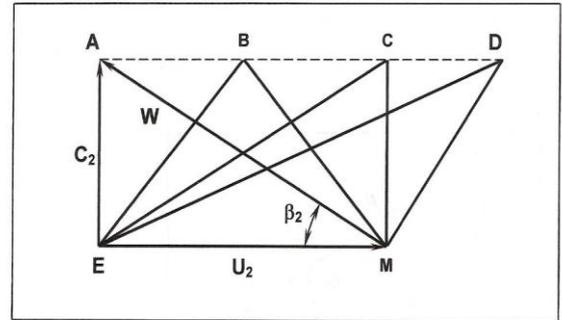


Gambar 7. Bentuk sudu yang dibengkokkan kebelakang, $\beta_2 > 90^\circ$.
(Sumber: Soenoko R, 2002).

Pada gambar 7, ditunjukkan bentuk sudu yang dibengkokkan kebelakang (*backward*), $\beta_2 > 90^\circ$

dimana head maksimum pompa adalah:

$$H_{t\infty} > \frac{U_2^2}{g}$$



Gambar 8. Segitiga kecepatan keluar dengan alas U_2 untuk bentuk sudu $\beta_2 < 90^\circ$.

Pada gambar 8, ditunjukkan segitiga kecepatan keluar dengan alas U_2 untuk bentuk sudu dengan $\beta_2 < 90^\circ$, untuk bentuk sudu $\beta_2 \geq 90^\circ$ dengan besar kecepatan radial C_2 rad adalah konstan serta $\alpha_1 = 90^\circ$, maka head maksimum pompa:

$$H_{t\infty} = \frac{U_2 \cdot C_{u2}}{g}, \text{ dari gambar 8, didapat:}$$

segitiga EMA: $\beta_2 < 90^\circ$

$$C_{u2} = 0$$

$$\text{Head pompa} = 0$$

Sudut $\beta_2 =$ sudut terkecil

segitiga EMB: $\beta_2 < 90^\circ$

$$C_{u2} = AB$$

$$H_{t\infty} = U_2 \frac{AB}{g}$$

segitiga EMC: $\beta_2 = 90^\circ$

$$C_{u2} = AC = U$$

$$H_{t\infty} = \frac{U_2^2}{g}$$

segitiga EMD: $\beta_2 > 90^\circ$

$$C_{u2} = AD$$

$$H_{t\infty} = U_2 \frac{AD}{g}$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan persamaan-persamaan diatas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bentuk *impeller* mempunyai pengaruh yang besar terhadap *head* suatu pompa, khususnya untuk sudut β_2 yang merupakan sudut yang terbentuk dari garis kecepatan relatif fluida terhadap *impeller*, W_2 dan perpanjangan garis kecepatan keliling U_2 dari sisi keluaran, yang didapat dari persamaan:
$$H_{t\infty} = \frac{U_2 \cdot C_{u2}}{g}$$
2. Head teoritis tak berhingga akan bertambah besar dengan bertambahnya besar sudut β_2
3. Dari diagram segitiga kecepatan sisi keluar dapat diketahui dengan bertambahnya besar sudut β_2 maka proyeksi kecepatan C_2 ke U_2 akan bertambah besar.

Dari uraian diatas, maka disarankan dalam mendisain *impeller* suatu pompa sangat perlu memperhatikan sudut β_2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Austin Church H, terjemahan Zulkifli H., 1985. *Pompa dan Blower Sentrifugal*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Michael A. M., Khepar S. D., 1986. *Water Well and Pump Engineering*, McGraw Hill Office, New Delhi, India.
- Soenoko R., 2002. *Sistem Perancangan Mesin Konversi Energi dan Mesin-Mesin Turbo*, Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana UNIBRAW, Malang.
- Sularso., Tahara H., 1994. *Pompa dan Kompressor; Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, Pradnya Paramita, Jakarta.