

Pengaruh Perubahan Tekanan Tangki Tekan Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal

Nasaruddin Salam

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jl Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245, Indonesia
E-mail: nassalam.unhas@yahoo.co.id

Abstrak

Tangki tekan yang digunakan pada penelitian ini, dilengkapi dengan membran yang terbuat dari bahan karet khusus, untuk memisahkan udara dengan air. Prinsip kerja tangki tekan sangatlah sederhana dimana dalam tangki tekan, kompresi udara terjadi di atas air dalam tangki. Semakin besar tekanan udara dalam tangki tekan maka akan semakin menekan pula air ke dalam sistem distribusi. Salah satu implementasi tangki tekan adalah digunakan untuk melayani kebutuhan air yang besar dan bertekanan tinggi.

Makalah ini bermaksud untuk memperlihatkan analisis tentang pengaruh perubahan tekanan pada tangki tekan terhadap kinerja pompa, yaitu waktu pengaliran, debit aliran, *head* pompa, daya pompa dan efisiensi pompa. Perlakuan yang diberikan yaitu dengan memberikan perubahan tekanan dalam tangki tekan pada tekanan 0 psi, 20 psi, 25 psi, 30 psi, dan 35 psi dengan posisi katup distribusi aliran sebanyak 6 (enam) tingkat. Tekanan pada tangki tekan dinaikkan dengan cara menambahkan udara bertekanan dari kompresor, yang dimasukkan melalui pentil yang berada di bagian atas tabung tangki tekan.

Kinerja pompa yang diperoleh berupa waktu pengaliran, debit aliran, *head*, daya dan efisiensi pompa, nilainya minimum pada tekanan 0 psi dan maksimum pada tekanan 35 psi dalam tangki tekan. Pada kondisi tekanan 0 psi, untuk memindahkan volume air sebesar 8 liter dibutuhkan waktu 11,2 detik atau debit aliran $0,000714 \text{ m}^3/\text{s}$; dan efisiensi pompa sebesar 53,117 %. Sedangkan pada tekanan 35 psi dalam tangki tekan, untuk memindahkan volume air yang sama (konstan), dibutuhkan waktu 9 detik atau debit aliran $0,000889 \text{ m}^3/\text{s}$; dan efisiensi pompa sebesar 66,334 %.

Kata kunci : *tangki tekan, debit, head, daya, efisiensi pompa air sentrifugal.*

Pendahuluan

Air adalah unsur utama bagi kehidupan makhluk hidup di planet ini. Makhluk hidup tidak akan mampu bertahan hidup tanpa mengkonsumsi air hanya dalam beberapa hari, tetapi tanpa mengkonsumsi makanan, makhluk hidup masih dapat bertahan dalam kurun waktu yang lebih lama, bahkan bisa beberapa minggu. Walaupun sekarang kita hidup dalam dunia modern, makhluk hidup tetap tidak akan mampu lepas dari kebutuhan terhadap air.

Demi ketersediaan air, sistem penyediaan air merupakan hal yang sangat penting. Sistem penyediaan air di rumah tempat tinggal, kebanyakan memakai tangki gravitasi (*elevated tank*). Memang banyak keuntungannya, antara lain konstruksinya sederhana dan murah. Namun sebenarnya juga memiliki kekurangan antara lain jika tidak diberi akses yang baik, mengurasnya susah dan kadang

airnya tumpah bila sistem kontrolnya tidak baik. Disamping itu untuk keperluan mandi, jika memakai shower misalnya, dibutuhkan ketinggian tangki yang memadai, sehingga dapat berakibat mahalnya biaya konstruksi dan pemeliharaan. Maka untuk memenuhi kebutuhan tersebut, solusinya adalah tangki tekan, dimana tangki tersebut mampu menaikkan efisiensi pompa hingga 70 % (Triatmadja 2006).

Tangki tekan adalah wadah tertutup yang berisi cairan, gas atau udara pada tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan udara luar. Tangki tekan merupakan tabung yang akan diisi udara pada bagian atasnya, sedangkan di bagian bawahnya berhubungan langsung dengan sisi keluaran pompa, sehingga air dapat masuk ke dalamnya. Tangki tekan pada sistem ini dilengkapi dengan diafragma yang dibuat dari bahan karet khusus, untuk memisahkan udara dengan air. Dengan demikian, akan menghilangkan

kelemahan tangki tekan, sehubungan dengan perlunya pengisian udara secara periodik.

Pompa yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari atau dalam kebutuhan manusia, bermacam-macam type tetapi yang paling banyak dipergunakan adalah pompa air sentrifugal, karena daerah operasinya yang luas, dari tekanan rendah sampai tekanan tinggi. Selain itu pompa sentrifugal juga mempunyai bentuk yang sederhana dan harga yang relatif murah. Namun demikian, beberapa hal masih menjadi pertanyaan yaitu, bagaimana pengaruh perubahan tekanan pada tangki tekan terhadap kinerja pompa berupa waktu aliran, kecepatan aliran, debit aliran, *head* dan efisiensi. Begitupula bagaimana kinerja pompa terhadap perubahan tekanan pada tangki tekan.

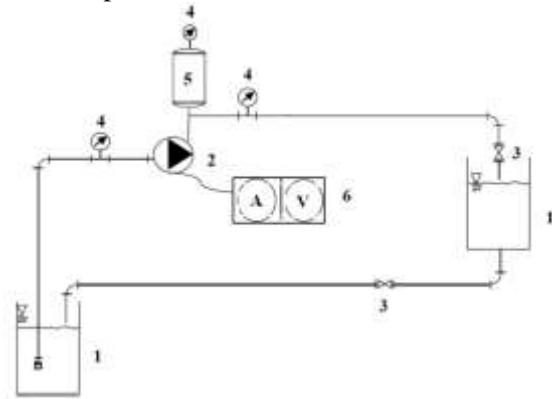
Atas dasar inilah, maka dilakukan kajian pengaruh perubahan tekanan tangki tekan terhadap kinerja pompa air sentrifugal.

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Metoda eksperimen pengaruh perubahan tekanan pada tangki tekan terhadap kinerja pompa, yaitu waktu pengaliran, debit aliran, *head* pompa, daya pompa dan efisiensi pompa, adalah dengan mengalirkan air dari reservoir bawah ke reservoir atas. Perlakuan yang diberikan yaitu dengan memberikan perubahan tekanan dalam tangki tekan, dengan 5 (lima) tingkat tekanan yaitu 0 psi, 20 psi, 25 psi, 30 psi, dan 35 psi, dengan posisi katup distribusi aliran sebanyak 6 (enam) tingkat yaitu $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ dan 90° . Tekanan pada tangki tekan dinaikkan dengan cara menambahkan udara bertekanan dari kompresor, yang dimasukkan melalui pentil yang berada di bagian atas tabung tangki tekan.

Pada saat awal pompa air dijalankan, tekanan dalam tangki tekan 0 psi atau tekanannya sama dengan 1 atmosfir dan posisi katup dalam keadaan tertutup kemudian secara perlahan dibuka ke posisi 20° dan ditingkatkan sampai dengan 90° . Selanjutnya eksperimen diulangi untuk tekanan dalam tangki tekan 20 psi sampai dengan 35 psi. Pada saat yang bersamaan, dilakukan pengukuran tekanan pada seksi masuk dan ke luar pompa dengan alat ukur pressure gauge, arus listrik dan voltase yang masuk ke motor listrik pompa dengan alat ukur ampere meter dan volt meter, dan waktu pengaliran air untuk setiap volume 8 liter pada reservoir atas dengan alat ukur stopwatch. Tekanan pada tangki tekan dinaikkan dengan cara menambahkan udara bertekanan dari kompresor, yang dimasukkan melalui pentil yang berada di bagian atas tabung tangki tekan.

Untuk menjaga agar air dalam instalasi pipa tetap berkembang penuh, maka katup pengaturan aliran dipasang pada ujung pipa sebelum masuk reservoir atas. Diameter pipa isap dan pipa tekan pompa, disesuaikan dengan *inlet* dan *outlet* pompa, agar perubahan kinerja pompa yang diperoleh hanya karena perubahan tekanan tangki tekan dan debit aliran air. Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 1 instalasi eksperimen berikut ini.



Keterangan gambar :
1.Reservoir; 2. Pompa; 3. Katup;
4. Pressure gauge; 5. Tangki tekan;
6.Ampere meter dan Volt meter.

Gambar 1. Instalasi eksperimen

Gambar 2 berikut ini, memperlihatkan pompa air sentrifugal dan tangki tekan yang terpasang di atas rumah pompa air tersebut. Jenis pompa ini yang digunakan dalam eksperimen, adapun spesifikasinya adalah:



Gambar 2 . Pompa sentrifugal dengan tangki tekan.

Gambar 3 berikut ini, memperlihatkan diafragma/membran yang dibuat dari bahan karet khusus yang digunakan dalam tangki tekan, untuk memisahkan udara dengan air. Dengan demikian akan menghilangkan kelemahan tangki tekan, sehubungan dengan perlunya pengisian udara secara periodik.



Gambar 3. Membran tangki tekan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa, makin besar pembukaan katup aliran maka waktu pengaliran makin kecil untuk volume yang sama yaitu 8. Hasil analisis data, diuraikan dalam tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Eksperimen Pengaruh Perubahan Tekanan Tangki Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal

P (psi)	Katup	t (s)	Q (m³/s)	N _h (watt)	η _p (%)
0	90°	8,2	0,000976	97,843	29,602
	60°	8,8	0,000909	95,974	28,956
	45°	9,0	0,000889	114,876	33,412
	30°	11,2	0,000714	188,890	53,117
	25°	16,3	0,000491	128,209	38,681
	20°	37,2	0,000215	60,113	18,070
20	90°	8,0	0,001000	100,909	30,250
	60°	8,3	0,000964	103,027	30,857
	45°	8,5	0,000941	126,037	36,490
	30°	10,5	0,000762	202,171	56,593
	25°	16,0	0,000500	130,671	39,208
	20°	34,3	0,000233	65,220	20,268
25	90°	7,9	0,001013	102,519	30,593
	60°	8,2	0,000976	104,570	31,234
	45°	8,4	0,000952	127,797	36,933
	30°	10,2	0,000784	208,467	58,249
	25°	15,8	0,000506	132,367	39,644
	20°	33,8	0,000237	66,190	19,761
30	90°	7,8	0,001026	104,182	31,146
	60°	8,1	0,000988	106,161	31,709
	45°	8,2	0,000976	131,476	37,996
	30°	9,7	0,000825	219,903	61,389
	25°	15,5	0,000516	134,995	40,303
	20°	33,2	0,000241	67,393	20,166
35	90°	7,7	0,001039	105,903	31,718
	60°	7,9	0,001013	109,501	32,766
	45°	8,1	0,000988	133,400	38,412
	30°	9,0	0,000889	238,263	66,334
	25°	15,0	0,000533	139,619	41,740
	20°	32,2	0,000248	69,497	20,796

liter, sehingga debit aliran semakin besar, begitupula dengan daya hidrolik pompa juga semakin besar. Namun kondisi menarik pada pembukaan katup 45° karena justru terjadi kondisi sebaliknya sampai dengan pembukaan katup 90°. Fenomena ini terjadi pada setiap perubahan tekanan tangki tekan, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.

Hal menarik lainnya dari hasil eksperimen ini adalah, nilai maksimum efisiensi pompa dan daya hidrolik pompa terjadi pada pembukaan katup 30°. Fenomena ini karakteristiknya sama pada setiap perubahan tangki tekan, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.

Daya hidrolik pompa, ditentukan dengan memasukkan data hasil eksperimen ke persamaan berikut :

$$N_h = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \text{ [watt]} \dots\dots(1)$$

atau

$$N_h = \gamma \cdot H \cdot Q \text{ [watt]} \dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk menentukan efisiensi pompa, yaitu dari persamaan:

$$\eta_p = [N_h/N_s] \times 100 \% \quad [\%] \quad \dots\dots(3)$$

Hasil lainnya adalah makin tinggi tekanan tanki tekan, maka efisiensi pompa makin besar. Bila nilai maksimum daya hidrolik dan efisiensi pompa disandingkan untuk setiap kondisi tekanan tangki tekan, maka daya hidrolik dan efisiensi pompa maksimal diperoleh pada kondisi tekanan tangki tekan 35 psi. Hasil perbandingan ini, sebagaimana diuraikan dalam tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Daya hidrolik dan efisiensi pompa maksimum pada pembukaan katup aliran 30° untuk setiap tingkat tekanan tangki tekan.

P (psi)	Q (m³/s)	N _h (watt)	η _p (%)
0	0,000714	188,890	53,117
20	0,000762	202,171	56,593
25	0,000784	208,467	58,249
30	0,000825	219,903	61,389
35	0,000889	238,263	66,334

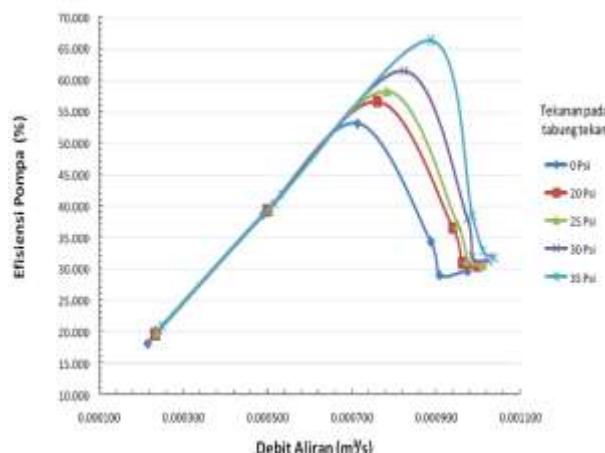
Gambar 4 berikut ini, menunjukkan karakteristik hubungan antara debit aliran dengan efisiensi pompa pada berbagai tingkat tekanan tabung (tangki). Karakteristik efisiensi pompa dengan tangki tekan, menunjukkan pola perubahan yang sama terhadap debit aliran pada setiap tingkat tekanan dalam tangki. Namun demikian hal menarik dari kurva karakteristik

ini, yaitu pada debit aliran yang rendah ($0,000200 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai dengan $0,000700 \text{ m}^3/\text{s}$) perubahan tekanan tangki tekan tidak berpengaruh terhadap efisiensi pompa. Sebaliknya pada debit aliran yang besar ($0,000700 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai dengan $0,001000 \text{ m}^3/\text{s}$) perubahan tekanan tangki tekan sangat berpengaruh. Fenomena ini diakibatkan oleh karena pada debit yang besar pengaruh turbulensi juga akan semakin besar, namun kerugian karena turbulensi ini dapat dikurangi pengaruhnya bila tekanan pada tangki tekan semakin tinggi.

Hubungan antara debit aliran terhadap penurunan efisiensi pompa diatas, fenomena perubahannya sama dengan debit aliran terhadap daya hidraulik pompa pada setiap tingkat tekanan tangki tekan, seperti pada gambar 5 berikut ini.

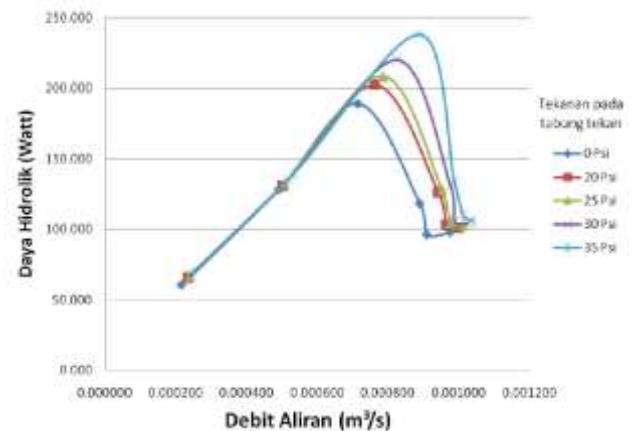
debit aliran (Q) dengan efisiensi pompa (η_p) pada berbagai tekanan pada tabung (tangki) tekan.

Hubungan antara debit aliran terhadap penurunan efisiensi pompa



Gambar 4. Grafik hubungan antara debit aliran (Q) dengan efisiensi pompa (η_p) pada berbagai tekanan pada tabung (tangki) tekan.

Karakteristik kinerja pompa sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5, semakin mempertegas perubahan efisiensi pompa terhadap debit aliran, oleh karena perubahan daya hidraulik pompa sama karakteristiknya dengan perubahan efisiensi pompa.



Gambar 5. Grafik hubungan antara debit aliran (Q) dengan daya hidrolik pompa (N_h) pada berbagai tekanan pada tabung (tangki) tekan.

Bila kurva karakteristik di atas, dibandingkan antara gambar 4 dengan 5, maka terlihat semakin tinggi daya hidraulik yang dihasilkan efisiensi pompa juga akan semakin besar. Naiknya daya hidraulik untuk tekanan tangki tekan yang lebih besar karena pada kondisi tersebut kerugian hidraulik karena turbulensi aliran dapat dikurangi karena penggunaan tangki tekan.

Kesimpulan

1. Waktu aliran, debit aliran dan efisiensi akan minimum pada tekanan 0 psi pada tangki tekan dan akan maksimum pada tekanan 35 psi dalam tangki tekan. Pada kondisi tekanan 0 psi dalam tangki tekan, untuk memindahkan volume air sebesar 8 liter dibutuhkan waktu selama 11,2 detik dan diperoleh debit aliran $0,000714 \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi pompa sebesar 53,117 %. Sedangkan pada kondisi tekanan 35 psi dalam tangki tekan, untuk memindahkan volume air yang sama (konstan), dibutuhkan waktu selama 9 detik dan diperoleh debit aliran $0,000889 \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi pompa sebesar 66,334 %.
2. Kinerja pompa mengalami peningkatan seiring dengan penambahan tekanan, dimana pada penelitian ini kinerja maksimum pompa diperoleh pada tekanan 35 Psi dalam tangki tekan.
3. Untuk melayani kebutuhan air yang besar, maka tekanan awal udara dalam tangki harus lebih besar dari tekanan atmosfer, yaitu dengan memasukkan (menambahkan) udara ke dalam tangki tekan sehingga kinerja pompa semakin tinggi.

Ucapan Terima kasih

Dengan selesainya makalah ini, maka kami menghaturkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya, atas perhatian dan kerjasama serta bantuan dari:

1. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Kepala Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Unhas.
3. Saudara Hafrison, Agung Susilo dan Nurdiana Malik.

Nomenklatur

H	beda head pompa (mH_2O)
P	tekanan tangki tekan (psi)
N_h	daya hidrolik pompa (watt)
N_s	daya poros pompa (watt)
Q	debit aliran air (m^3/s)
t	waktu pengaliran air (s)
g	percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
η_p	efisiensi pompa (%).
γ	berat jenis air (N/m^3)
ρ	massa jenis air (kg/m^3)

Referensi

Church Austin H., *Pompa dan Blower Sentrifugal*, edisi bahasa Indonesia (diterjemahkan Zulkifli Harahap), Penerbit Erlangga, Jakarta (1986).

Dietzel Fritz, *Turbin, Pompa dan Kompressor*, edisi bahasa Indonesia (diterjemahkan Dakso Sriyono), Penerbit Erlangga, Jakarta (1996).

Munson Bruce R., Young Donald F. & Okiishi Theodore H., *Fundamental of Fluid Mechanics*. Fouth Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York (2002).

Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, *Mesin Konversi Energi*, Penerbit Andi, Yogyakarta (2006).

Raswari. *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*, Cetakan ke-2. Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta (1986).

Salam Nasaruddin. *Kaji Teoritis Dan Eksperimental Kinerja Tangki Tekan Pada Sistem Distribusi Air*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin X, Universitas Brawijaya Malang, Tanggal 2-3 November 2011, ISBN:978-602-19028-0-6 (2011).

Sularso dan Haruo Tahara. *Pompa dan Kompressor (Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan)*, Cetakan ke-8. PT. Pradnya Paramita, Jakarta (2004).

Triatmadja Radianta. *Simulasi Kinerja Pompa Pada Sistem Jaringan Air Bersih*. Media Teknik no.4 Tahun XXVIII. Edisi November (2006).

White Frank M., *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill Book Company, New York (1994).