

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap head tekan pompa hidram untuk volume tabung udara 1 liter

Beban (g)	Pengulangan	t (denyut/menit)	Debit (l/menit)	P. tabung (kg/cm ²)	Head tekan (m)
100	1	92	1.350	0.260	2.650
	2	94	1.410	0.255	2.599
	3	94	1.350	0.255	2.599
	Rata-rata	93	1.370	0.257	2.616
200	1	78	1.200	0.280	2.854
	2	76	1.250	0.280	2.854
	3	74	1.200	0.285	2.905
	Rata-rata	76	1.217	0.282	2.871
300	1	67	0.500	0.290	2.956
	2	65	0.450	0.300	3.058
	3	64	0.510	0.290	2.956
	Rata-rata	65	0.487	0.293	2.990
400	1	58	0.350	0.310	3.160
	2	56	0.400	0.305	3.109
	3	56	0.420	0.305	3.109
	Rata-rata	57	0.390	0.307	3.126

Tabel 4.2 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap head tekan pompa hidram untuk volume tabung udara 2 liter

Beban (g)	Pengulangan	t (denyut/menit)	Debit (l/menit)	P. tabung (kg/cm ²)	Head tekan (m)
100	1	118	1.820	0.310	3.160
	2	115	1.800	0.305	3.109
	3	117	1.790	0.310	3.160
	Rata-rata	117	1.803	0.308	3.143
200	1	109	1.350	0.320	3.262
	2	106	1.300	0.325	3.313
	3	109	1.300	0.320	3.262
	Rata-rata	108	1.317	0.322	3.279
300	1	100	0.900	0.330	3.364
	2	102	0.850	0.320	3.262
	3	98	0.870	0.335	3.415
	Rata-rata	100	0.873	0.328	3.347
400	1	88	0.500	0.350	3.568
	2	86	0.450	0.355	3.619
	3	80	0.475	0.355	3.619
	Rata-rata	85	0.475	0.353	3.602

Tabel 4.3 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap head tekan pompa hidram untuk volume tabung udara 3 liter.

Beban (g)	Pengulangan	t (denyut/menit)	Debit (l/menit)	P. tabung (kg/cm ²)	Head tekan (m)
100	1	137	2.100	0.290	2.956
	2	135	1.950	0.295	3.007
	3	130	2.050	0.285	2.905
	Rata-rata	134	2.033	0.290	2.956
200	1	120	1.350	0.300	3.058
	2	123	1.310	0.300	3.058
	3	121	1.300	0.305	3.109
	Rata-rata	122	1.320	0.302	3.075
300	1	112	1.200	0.310	3.160
	2	110	1.205	0.310	3.160
	3	106	1.170	0.315	3.211
	Rata-rata	109	1.192	0.312	3.177
400	1	96	1.000	0.350	3.568
	2	97	0.970	0.330	3.364
	3	99	0.980	0.340	3.466
	Rata-rata	97	0.983	0.340	3.466

Data hasil penelitian didapatkan Pengaruh pembebanan terhadap efisiensi pompa hidram:

Tabel 4.4 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap efisiensi pompa hidram untuk volume tabung udara 1 liter

Beban (g)	Pengulangan	H _d (m)	Q _w (l/menit)	H _s (m)	Q _s (l/menit)	η (%)
100	1	1.5	30.950	2.650	1.350	7.384
	2	1.5	30.890	2.599	1.410	7.564
	3	1.5	30.090	2.599	1.350	7.440
	rata-rata	1.5	30.643	2.616	1.370	7.463
200	1	1.5	30.900	2.854	1.200	7.113
	2	1.5	30.800	2.854	1.250	7.421
	3	1.5	30.800	2.905	1.200	7.263
	rata-rata	1.5	30.833	2.871	1.217	7.266
300	1	1.5	31.300	2.956	0.500	3.099
	2	1.5	31.300	3.058	0.450	2.889
	3	1.5	31.240	2.956	0.510	3.165
	rata-rata	1.5	31.280	2.990	0.487	3.054
400	1	1.5	30.850	3.160	0.350	2.363
	2	1.5	30.800	3.109	0.400	2.657
	3	1.5	30.630	3.109	0.420	2.804
	rata-rata	1.5	30.760	3.126	0.390	2.609

Tabel 4.5 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap efisiensi pompa hidram untuk volume tabung udara 2 liter.

Beban (g)	Pengulangan	H _d (m)	Q _T (l/menit)	H _s (m)	Q _s (l/menit)	η (%)
100	1	1.5	30.300	3.160	1.820	11.937
	2	1.5	30.350	3.109	1.800	11.604
	3	1.5	30.400	3.106	1.790	11.514
	rata-rata	1.5	30.350	3.143	1.803	11.752
200	1	1.5	30.750	3.262	1.350	9.146
	2	1.5	30.650	3.313	1.300	8.987
	3	1.5	30.650	3.262	1.300	8.848
	rata-rata	1.5	30.683	3.279	1.317	8.994
300	1	1.5	30.700	3.364	0.900	6.387
	2	1.5	30.750	3.262	0.850	5.850
	3	1.5	30.650	3.415	0.870	6.284
	rata-rata	1.5	30.700	3.347	0.873	6.172
	1	1.5	30.600	3.568	0.500	3.824
	2	1.5	30.600	3.619	0.450	3.497
	3	1.5	30.500	3.619	0.475	3.700
	rata-rata	1.5	30.567	3.602	0.475	3.675

Tabel 4.6 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap efisiensi pompa hidram untuk volume tabung udara 3 liter.

Beban (g)	Pengulangan	H_d (m)	Q_w (l/menit)	H_s (m)	Q_s (l/menit)	η (%)
100	1	2	30.150	2.956	2.100	12.832
	2	2	30.250	3.007	1.950	12.140
	3	2	30.150	2.905	2.050	12.330
	rata-rata	2	30.183	2.956	2.033	12.438
200	1	2	29.800	3.058	1.350	8.835
	2	2	29.840	3.058	1.310	8.574
	3	2	29.800	3.109	1.300	8.664
	rata-rata	2	29.813	3.075	1.320	8.692
300	1	2	29.850	3.160	1.200	8.142
	2	2	29.850	3.160	1.205	8.174
	3	2	29.600	3.211	1.170	8.140
	rata-rata	2	29.767	3.177	1.192	8.153
400	1	2	29.800	3.580	1.000	7.749
	2	2	29.500	3.364	0.970	7.139
	3	2	29.350	3.466	0.980	7.466
	rata-rata	2	29.550	3.466	0.983	7.442

Tabel 4.7 Data hasil penelitian variasi pembebanan terhadap head tekan pompa hidram pada volume tabung udara 1, 2 dan 3 liter

Beban Katub	Volume Tabung Udara			Volume Tabung Udara			Volume Tabung Udara		
	1l	2l	3l	1l	2l	3l	1l	2l	3l
Limbah	Debit (l/menit)			P. Tabung (kg/cm ²)			Head Tekan (m)		
100	1.370	1.803	2.033	0.257	0.308	0.290	2.616	3.143	2.956
200	1.423	1.317	1.320	0.282	0.322	0.302	2.871	3.279	3.075
300	0.487	0.873	1.192	0.293	0.328	0.312	2.990	3.347	3.177
400	0.390	0.475	0.983	0.307	0.353	0.340	3.126	3.602	3.466





Contoh Perhitungan :

Pada volume tabung udara 1 liter dan beban katup limbah 100 gram

- Perhitungan Head Tekan

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{P_{air} + P_{udara}}{\gamma_{air}} \\ &= \frac{P_{Tabung}}{\rho \cdot g} \cdot \frac{N/m^2}{kg/m^3 \cdot m/s^2} \\ &= \frac{0,257kg/cm^2 \cdot 9,81m/s^2}{981kg/m^3 \cdot 9.81m/s^2} \\ &= \frac{2570kg/m^2}{981kg/m^3} \\ &= 2,616 \text{ m} \end{aligned}$$

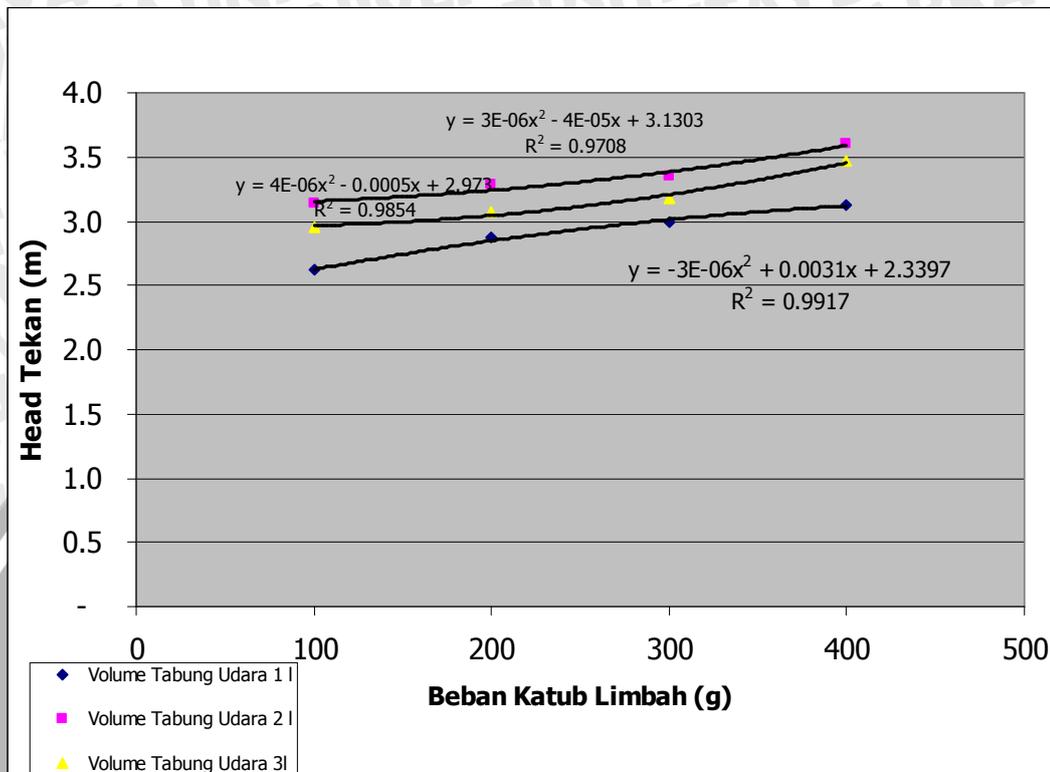
- Perhitungan Efisiensi

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_d \cdot H_d}{(Q_d + Q_w) \cdot H_s} \cdot 100\% \\ &= \frac{1,370liter / menit \cdot 2,616m}{(1,370liter / menit + 30,643liter / menit) \cdot 1.5m} \cdot 100\% \\ &= 7,463\% \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

Dari data hasil pengujian dengan variasi volume tabung udara sebagai variabel kontrol dan debit sebagai variable bebas maka didapatkan karakteristik head tekan dan efisiensi yang berbeda beda. Untuk mempermudah analisis hubungan antara variasi volume tabung udara dengan head tekan dan efisiensi pompa hidram, maka data hasil perhitungan tersebut akan digambarkan dalam bentuk grafik gambar 4.2.1, grafik gambar 4.2.2, grafik gambar 4.2.3 dan grafik gambar 4.2.4.

4.2.1 Hubungan antara Beban Katub Limbah dan Variasi Volume Tabung Udara Terhadap Head Tekan Pompa Hidram.

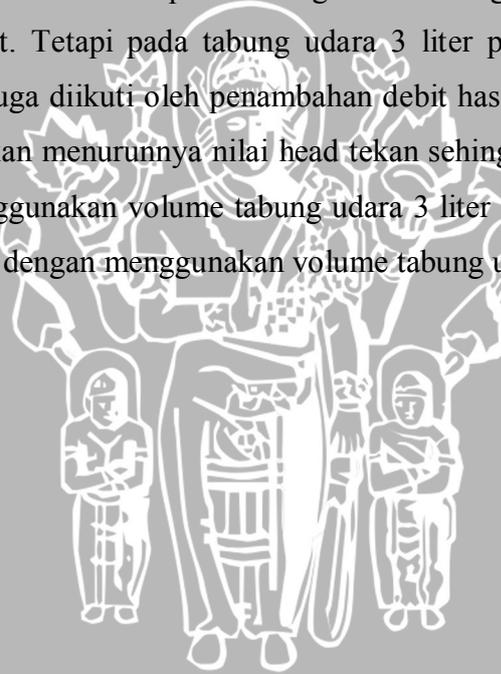


Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Beban Katup Limbah Variasi Volume Tabung Udara dengan Head Tekan

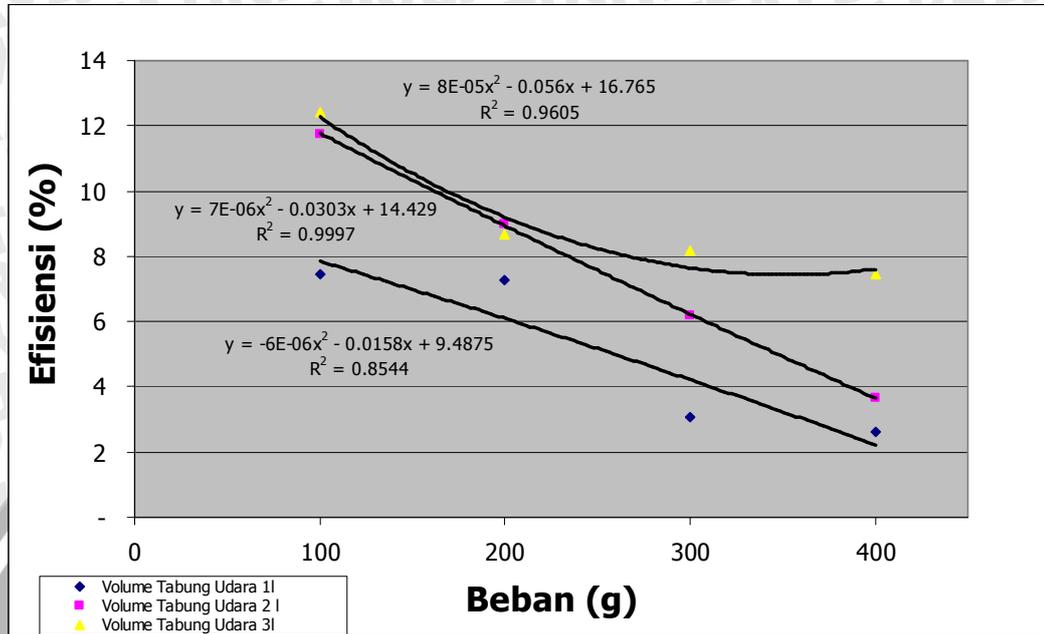
Pada grafik gambar 4.1 terlihat bahwa nilai terendah head tekan adalah pada volume tabung udara 1 liter dengan beban katub limbah 100 g yaitu sebesar 2.616 m, dan head tekan akan terus meningkat seiring dengan peningkatan beban pada katub limbah. Hal ini juga berlaku pada grafik untuk variasi volume tabung udara 2 liter dan 3 liter. Semakin besar beban katup limbah maka peningkatan tekanan akibat efek *water hammer* pada pompa hidram akan semakin besar. Ini mengakibatkan tekanan untuk memompa air semakin besar. Semakin besar efek peningkatan tekanan akibat efek *water hammer* maka semakin besar tekanan pada tabung udara sehingga juga meningkatkan head tekan pompa hidram. Hal ini sesuai dengan persamaan head tekan pompa $H_s = \frac{P_{udara} + P_{air}}{\gamma}$.

Kemudian untuk peningkatan volume tabung udara pada beban yang sama, terlihat bahwa terjadi peningkatan head tekan seiring meningkatnya volume

tabung udara hingga volume 2 liter dan menurun kembali pada volume 3 liter. Hal ini disebabkan semakin besarnya volume tabung udara akan membuat menurunnya frekuensi denyutan pada katub limbah. Dengan menurunnya frekuensi denyutan katub limbah maka waktu untuk melakukan satu siklus *water hammer* akan semakin besar, dengan waktu yang lebih besar maka massa air untuk melakukan *water hammer* semakin besar sehingga perubahan momentumnya akan membesar. Dengan momentum besar maka gaya yang dihasilkan juga akan tambah besar karena gaya adalah momentum per satuan waktu. Dengan gaya yang lebih besar dan bekerja pada luas penampang yang sama maka akan menghasilkan tekanan yang lebih besar. Apabila tekanan yang dihasilkan dari *water hammer effect* semakin besar maka massa air yang masuk pada tabung udara semakin besar, maka akan semakin besar tekanan pada tabung udara sehingga nilai head tekan pompa akan meningkat. Tetapi pada tabung udara 3 liter peningkatan tekanan akibat *water hammer* juga diikuti oleh penambahan debit hasil pemompaan yang besar, yang menyebabkan menurunnya nilai head tekan sehingga nilai head tekan pada pompa yang menggunakan volume tabung udara 3 liter lebih kecil daripada nilai head tekan pompa dengan menggunakan volume tabung udara 2 liter.



4.2.2 Hubungan antara Beban Katub Limbah dan Variasi Volume Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Beban Katub Limbah Variasi Volume Tabung Udara dengan Efisiensi

Pada grafik gambar 4.2 terlihat bahwa nilai efisiensi terkecil pada beban 400 g untuk volume tabung udara 1 liter yaitu sebesar 2.463 % dan akan meningkat seiring pengurangan beban pada katub limbah. Dengan pengurangan beban pada katub limbah maka debit yang dihasilkan dari proses pemompaan akan semakin besar dan head tekan akan semakin kecil. Nilai efisiensi dapat naik seiring dengan penurunan beban katub limbah karena efek peningkatan debit air pemompaan lebih besar daripada efek penurunan head tekan sehingga nilai efisiensi dapat meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan efisiensi

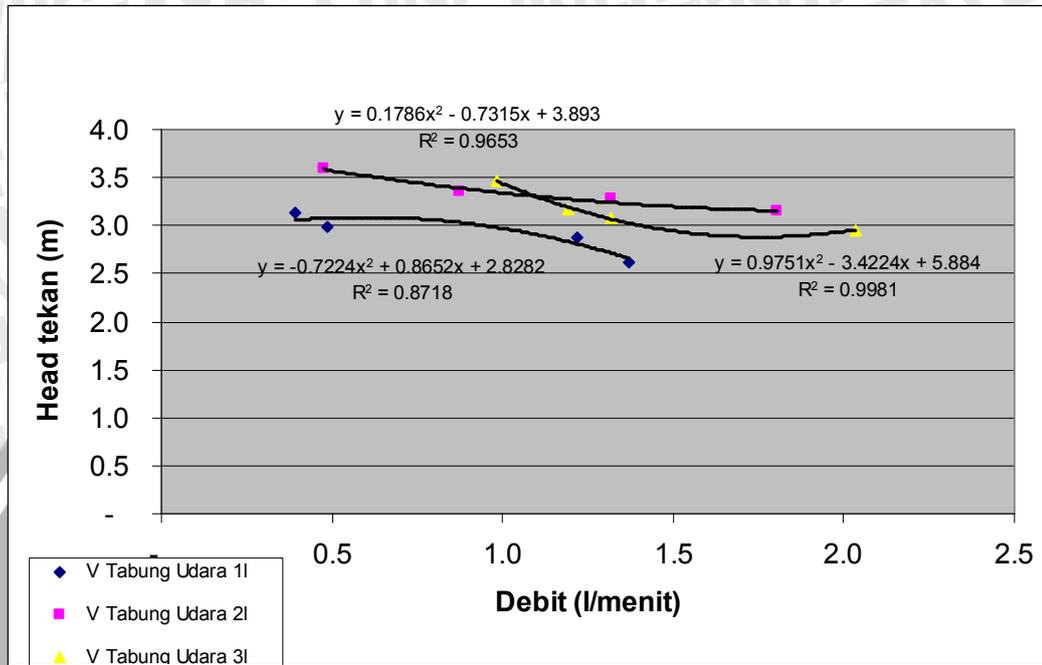
$$\eta = \frac{Q_s \cdot H_s}{Q_T \cdot H_D} \cdot 100\%$$

Untuk variasi volume tabung udara, semakin meningkat volume tabung udara pada beban yang sama efisiensi cenderung meningkat. Hal ini disebabkan semakin besarnya volume tabung udara akan membuat menurunnya frekuensi denyutan pada katub limbah. Dengan menurunnya frekuensi denyutan katub

limbah maka waktu untuk melakukan satu siklus *water hammer* akan semakin besar, dengan waktu yang lebih besar maka massa air untuk melakukan *water hammer* semakin besar sehingga perubahan momentumnya akan membesar. Dengan momentum besar maka gaya yang dihasilkan juga akan tambah besar karena gaya dalam momentum per satuan waktu. Dengan gaya yang lebih besar dan bekerja pada luas penampang yang sama maka akan menghasilkan tekanan yang lebih besar. Apabila tekanan yang dihasilkan dari *water hammer effect* semakin besar maka massa air yang masuk pada tabung udara semakin besar, maka akan semakin besar tekanan pada tabung udara sehingga nilai head tekan pompa akan meningkat. Selain itu seiring semakin besar volume tabung udara maka kecepatan aliran pada pipa penghantar akan semakin stabil sehingga akan meningkatkan nilai debit air hasil pemompaan. Dengan meningkatnya nilai debit air hasil pemompaan dan nilai head tekan maka semakin tinggi pula nilai efisiensi pompa hidram.



4.2.3 Hubungan antara Debit Hasil Pemompaan dan Variasi Volume Tabung Udara Terhadap Head tekan Pompa Hidram.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Debit dan Variasi Volume Tabung Udara dengan Head Tekan

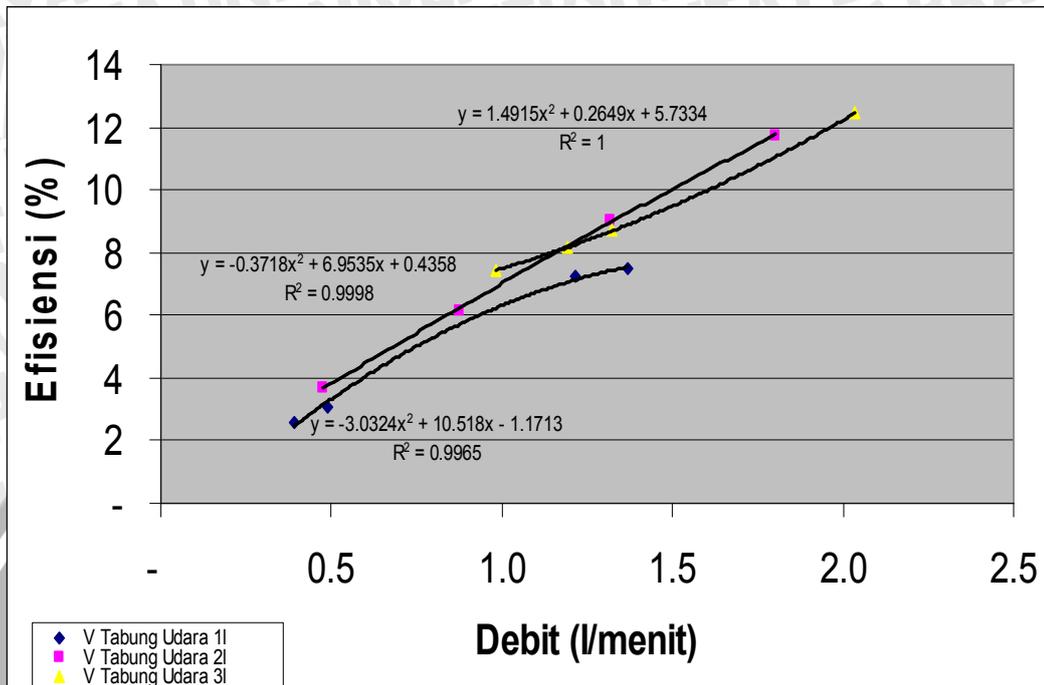
Berdasarkan grafik gambar 4.3 hubungan antara debit hasil pemompaan dan variasi volume tabung udara terhadap head tekan pompa hidram didapatkan untuk volume tabung udara 1 liter didapatkan nilai debit yang dihasilkan 0.39-1.37 liter/menit dan nilai head tekan 2.616 – 3.126m, untuk volume tabung udara 2 liter didapatkan nilai debit 0.475-1.803 liter/menit dan nilai head tekan 3.143-3.602 m, sedangkan untuk volume tabung udara 3 liter didapatkan nilai debit 0.983-2.033 liter/menit. Untuk variasi volume tabung udara didapatkan kecenderungan bahwa setiap peningkatan debit air pemompaan akan diikuti oleh penurunan head tekan pada pompa hidram. Hal ini dikarenakan setiap peningkatan head tekan yang dilakukan dengan menambah beban pada katub limbahnya akan membuat denyutan katub limbah semakin kecil sehingga air yang dipompakan akan semakin fluktuatif sehingga debit yang dihasilkan akan bertambah kecil.

Untuk debit air pemompaan yang sama yaitu 1 liter/menit didapatkan nilai terbesar ada pada volume tabung udara 3 liter yaitu sebesar 3.3 m, sedangkan

untuk volume tabung 2 liter sebesar 3.15m dan untuk volume tabung udara 1 liter sebesar 2.9m. Sedangkan pada debit air pemompaan 1.271 liter/menit didapatkan nilai head tekan terbesar pada volume tabung udara 2 liter yaitu sebesar 3.18 m sedangkan untuk volume tabung 3 liter sebesar 3.15 m dan untuk volume tabung udara 1 liter sebesar 2.87 m Hal ini dikarenakan untuk memperoleh debit air pemompan yang sama dari ketiga tabung diperoleh dengan pembebanan pada katub limbah yang berbeda, untuk memperoleh debit 1 liter air pada volume tabung udara 3 liter didapatkan dengan nilai pembebanan sekitar 390 g untuk volume tabung udara 2 liter dengan nilai pembebanan sekitar 290 g dan untuk volume tabung udara 1 liter dengan pembebanan sekitar 220g. Maka dengan pembebanan yang lebih besar akan didapatkan head tekan yang lebih besar.



4.2.4 Hubungan antara Debit Hasil Pemompaan dan Variasi Volume Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Debit dan Variasi Volume Tabung Udara dengan Efisiensi

Berdasarkan gambar grafik 4.4 hubungan antara debit hasil pemompaan dan variasi volume tabung udara terhadap efisiensi pompa hidram didapatkan pada volume tabung udara 1 liter didapatkan nilai debit 0.39-1.37 liter/menit dan nilai efisiensi 2.609-7.463 %, volume tabung udara 2 liter didapatkan nilai debit 0.475-1.803 liter/menit dan nilai efisiensi 3.675-11.514 % dan volume tabung 3 liter didapatkan nilai debit 0.983-2.033 liter/menit dan nilai efisiensi 7.439-12.436 %. Untuk variasi volume tabung udara didapatkan kecenderungan bahwa setiap peningkatan debit air pemompaan akan diikuti oleh peningkatan nilai efisiensi pada pompa hidram. Hal ini di karenakan setiap peningkatan debit hasil pemompaan akan memperbesar nilai output pompa hidram. Walaupun disisi lain peningkatan debit pemompaan akan mengurangi head tekan tetapi debit berpengaruh lebih besar kearah peningkatan efisiensi. Hal ini sesuai dengan

$$\text{persamaan efisiensi } \eta = \frac{Q_s \cdot H_s}{Q_T \cdot H_D} \cdot 100\%$$

Kemudian untuk debit air pemompaan yang sama yaitu 1 liter/menit didapatkan nilai efisiensi terbesar ada pada volume tabung udara 3 liter yaitu sebesar 7.5 %, volume tabung 2 liter sebesar 7.2% lalu volume tabung udara 1 liter sebesar 6%. Dan akan memperoleh hasil berbeda pada debit air pemompan 1.32 liter/menit didapatkan nilai efisiensi terbesar ada pada volume tabung udara 2 liter yaitu sebesar 9 %, volume tabung 3 liter sebesar 8.8% lalu volume tabung udara 1 liter sebesar 7.6%. Hal ini disebabkan untuk memperoleh debit air pemompaan yang sama dari setiap tabung udara diperoleh dengan cara pembebanan yang berbeda sehingga akan didapatkan nilai head tekan yang berbeda pada debit air yang sama pada setiap tabung udara. Untuk debit air pemompaan 1 liter/menit pada volume tabung udara 3 liter didapatkan dengan nilai pembebanan sekitar 390 g dan didapatkan nilai head tekan 3.3 m untuk volume tabung udara 2 liter dengan nilai pembebanan sekitar 290g didapatkan nilai head tekan 3.15 m dan untuk volume tabung udara 1 liter dengan pembebanan sekitar 220g didapatkan nilai head tekan 2.87 m. Sehingga hal tersebut diatas akan menyebabkan efisiensi yang berbeda-beda setiap volume tabung udara pada debit yang sama.

