

EKSPERIMEN VARIABLE SPEED PARALLEL PUMP

Agus Setiawan¹, Bayu Aji Prabowo², Edy Sumarno³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
^{1,2,3}Jln. Puspipetek Raya No. 46 Buaran, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹*dosen00935@unpam.ac.id*

²*bayu_rpk@yahoo.com*

³*dosen00591@unpam.ac.id*

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 10-11-2020
revisi : 02-01-2021
diterima : 01-06-2021
dipublish : 01-06-2021

ABSTRAK

Untuk memberikan suplai air pada titik-titik penggunaan dibutuhkan suatu sistem pemipaan dan pompa yang handal dan efisien, namun dalam banyak aplikasi, sering kali sistem pemipaan dan pompa tidak dapat beroperasi sesuai dengan titik kerja performa terbaiknya (*best efficiency point*). Oleh karena itu, penulis melakukan suatu eksperimen 3 buah pompa paralel dengan tujuan untuk mendapatkan parameter *setting* dan konfigurasi operasional yang tepat. Metode yang digunakan adalah melakukan eksperimen dengan membuat sistem tiga pompa sentrifugal paralel yang dilengkapi *variable speed drive*. Dari hasil eksperimen diketahui konfigurasi operasional pompa paralel dengan pengaturan jalannya pompa pada *pressure switch* yang berbeda-beda pompa 1 di atur pada 4 bar pompa 2 pada 3,2 bar dan pompa 3 pada 2,2 bar. Efisiensi yang dicapai 50% dengan penghematan daya sebesar 20%.

Kata kunci : efisiensi; performa; variable speed drive; pompa; eksperimen

ABSTRACT

Variable Speed Parallel Pump Experiment. To provide water supply at the points of use, a reliable and efficient piping and pumping system is required, however in many applications the piping and pumping system often cannot function at its best efficiency point. Therefore, the authors conducted an experiment of 3 parallel pumps in order to obtain the correct parameter and operational settings. The method used is to do experimentally by making a system of three parallel centrifugal pumps equipped with a variable speed drive. From the experimental results, it is known that the operation of the pump is parallel with the running of the pump at different pressure switches, pump 1 is set at 4 bar, pump 2 at 3.2 bar and pump 3 at 2.2 bar. Efficiency achieved 50% with power savings of 20%.

Keywords : efficiency; performance; variable speed drive; pump; experiment

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan suatu hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia secara pribadi maupun kelompok, khususnya dalam kelompok dunia industri barang maupun jasa ketersediaan suplai air sebagai bahan baku proses produksi dan juga fasilitas yang disediakan oleh industri untuk mendukung keberlangsungan industri tersebut. Dalam industri air mineral, dan industri minuman ringan air menjadi bahan baku yang utama, pada industri jasa seperti perhotelan, supermarket, arena rekreasi menggunakan air sebagai bentuk pelayanan terhadap pengunjung untuk kenyamanan selama berada pada tempat-tempat tersebut. Untuk memberikan suplai air pada titik-titik penggunaan dibutuhkan suatu sistem pemipaan dan pompa yang sesuai dan efisien, namun dalam banyak aplikasi sering kali sistem pemipaan dan pompa tidak dapat beroperasi sesuai dengan titik kerja performa terbaiknya (*best efficiency point*).

Penggunaan satu pompa pada skala industri, hotel, dan gedung tinggi mengakibatkan tidak dapat terpenuhinya kebutuhan air bersih. Permasalahan lain yang sering muncul adalah sulitnya menentukan nilai pengaturan parameter *pressure switch* dan konfigurasi operasional untuk mencapai titik operasional yang dibutuhkan guna mendapatkan kerja performa terbaik, kaitannya dengan efisiensi yang didapatkan dan penghematan daya yang dicapai.

Dari latar belakang permasalahan tersebut maka dilakukanlah penelitian eksperimen *variable speed parallel pump* (VSPP) ini dengan menggunakan tiga pompa yang diparalel dan menggunakan *variable speed drive* (VSD) dengan tujuan

agar dapat memenuhi kebutuhan pasokan air bersih pada industri, hotel dan gedung tinggi. Selain itu juga untuk mendapatkan parameter *setting* dan konfigurasi operasional yang tepat sehingga didapatkan performa terbaik yang handal dan efisien.

Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Permana pada tahun 2017 mengatakan bahwa untuk menganalisa jenis dan spesifikasi pompa maka harus ditetapkan dulu debit air yang dibutuhkan, kapasitas komponen-komponen yang akan digunakan seperti diameter pipa, kapasitas tangki air di lantai dasar dan di atap gedung serta head total pada sistem pemipaan (Permana, 2017). Dalam penelitian tersebut hanya melakukan analisa spesifikasi pompa yang dibutuhkan, belum mencakup tingkat efisiensi dari sistem pompa yang digunakan. Dengan mengubah kecepatan pompa sentrifugal, kapasitas, head, dan daya pompa yang dibutuhkan akan berubah sesuai dengan hukum afinitas pompa. Handayani pada tahun 2013 mengatakan bahwa kecepatan pompa sentrifugal dapat diubah dengan penggerak frekuensi variabel (Handayani, 2013).

Pada penelitian terdahulu tersebut hanya menggunakan sistem satu pompa sedangkan dalam penelitian yang dilakukan ini menggunakan sistem pompa paralel berjumlah tiga buah pompa dengan menggunakan *variable speed drive* (VSD) sebagai pengatur kecepatan.

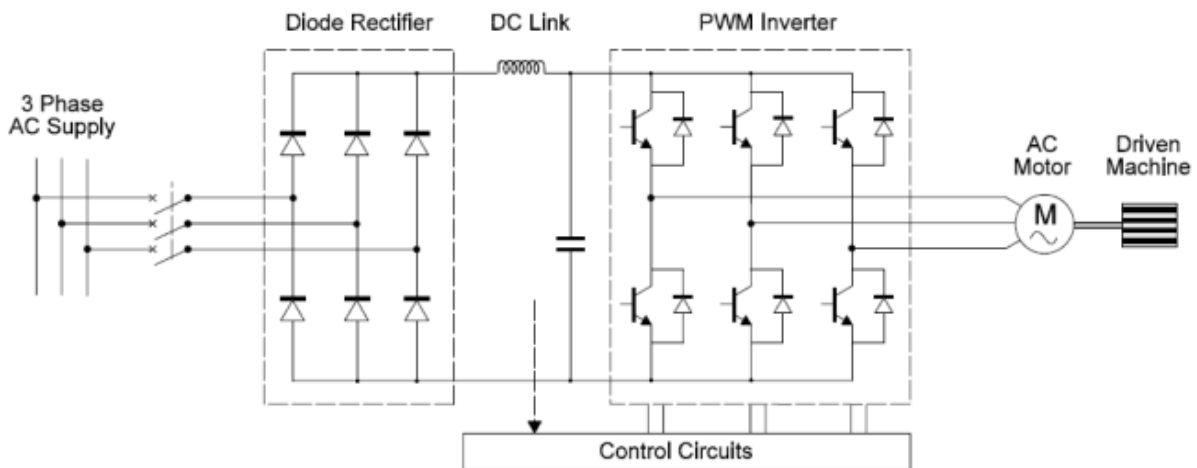
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mengganti pompa yang sebelumnya hanya menggunakan satu unit menjadi tiga unit dan dikoneksikan secara paralel. Selain itu digunakan juga VSD.

TEORI

VSD (*Variable Speed Drive*)

Kebanyakan motor listrik dirancang untuk beroperasi pada kecepatan konstan dan menghasilkan keluaran yang konstan akan tetapi, teknologi modern membutuhkan kecepatan yang berbeda dalam banyak aplikasi yang menggunakan motor listrik. *Variable speed drive* (VSD) adalah perangkat yang mengatur kecepatan dan gaya rotasi, atau torsi keluaran peralatan mekanis. Efek dari penerapan VSD ada pada peningkatan produktivitas dan penghematan energi pada pompa, kipas, kompresor dan peralatan lainnya. Teknologi *variable speed drive* dan pentingnya pengendalian kecepatan motor yang ada telah menarik banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir dengan munculnya perangkat daya baru dan bahan

magnetis (Saidur et al., 2012). Dua fungsi utama dari *variable speed drive* adalah untuk melakukan konversi listrik dari satu frekuensi ke frekuensi yang lain, dan untuk mengontrol frekuensi keluaran. Aplikasi VSD digunakan dari mulai peralatan kecil sampai peralatan besar, seperti pengaturan kecepatan *conveyor* di pabrik tambang, kompresor dan sistem ventilasi untuk bangunan besar. Selain itu VSD juga digunakan pada pompa, konveyor dan alat pengendali mesin. Penggunaan *variable speed drive* pada motor listrik dapat menghemat energi sehingga mengurangi biaya listrik (Atmam et al., 2018). Bentuk rangkaian dari *variable speed drive* (VSD) terdiri dari beberapa bagian seperti *rectifier*, *DC link*, dan *Inverter*. Rangkaian dari *variable speed drive* (VSD) seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian *Variable Speed Drive* (VSD) (Atmam, Tanjung & Zulfahri 2018).

Penggunaan VSD bisa untuk motor AC maupun DC. Akan tetapi istilah *inverter* sering digunakan untuk aplikasi motor AC. *Inverter* menggunakan frekuensi tegangan masuk untuk mengatur kecepatan putaran motor. Kecepatan putaran medan stator dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$n_s = \frac{120 \cdot F}{P}$$

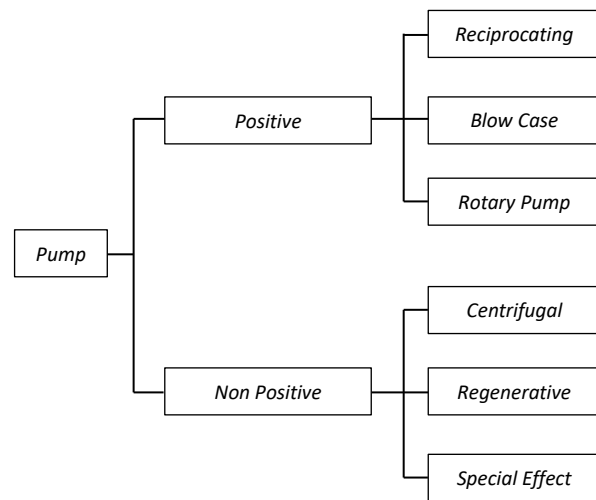
dimana:

- n_s = Kecepatan putaran medan stator
- 120 = Konstanta
- F = Frekuensi (Hz)
- P = Jumlah Kutub Motor (*Pole*)

Zi Ming Feng pada penelitiannya mengungkapkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa skema operasi kecepatan variabel yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi sistem dan tingkat penghematan daya, mengurangi puncak tenaga motor dan puncak torsi, dan mengurangi puncak torsi *crankcase* dan puncak beban titik suspensi (Feng et al., 2020). Penggunaan *variable speed drive* untuk pompa sentrifugal memungkinkan pengaturan frekuensi dan kecepatan motor pompa lebih tinggi dari nilai nominalnya tanpa meningkatkan suhu kerja dari motor pompa, dengan catatan tidak melebihi 10-12% dari kecepatan nominalnya (Chernysheva et al., 2019). Sehingga *output* dari pompa sentrifugal dapat menjadi lebih besar. Kesimpulannya, VSD adalah metode yang paling hemat energi dan menyarankan penghematan energi yang signifikan dalam sistem pompa bertenaga kecil (Arslan & Sahib, 2016).

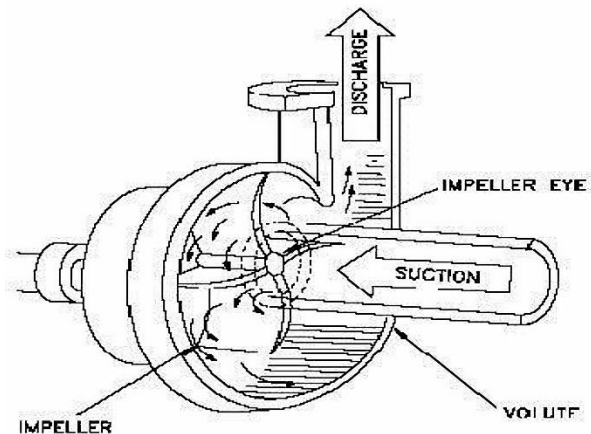
Pompa Sentrifugal

Pompa adalah suatu sistem pemindah cairan dari suatu tempat ke tempat lainnya, dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut kenaikan tekanan sangat dibutuhkan untuk mengatasi hambatan-hambatan selama proses pengaliran (Permana, 2017). Berdasarkan *Hydraulic Institute Standards* yang telah disetujui oleh *American National Standards Institute* (ANSI) sebagai standar internasional. Klasifikasi tipe pompa didefinisikan oleh *Hydraulic Institute* ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi Pompa

Pompa sentrifugal (*Centrifugal Pump*) adalah pompa dengan jenis *non positive displacement* bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal menjadi *head* agar dapat memindahkan zat cair. Pada gambar 3 dibawah ini contoh pompa sentrifugal.



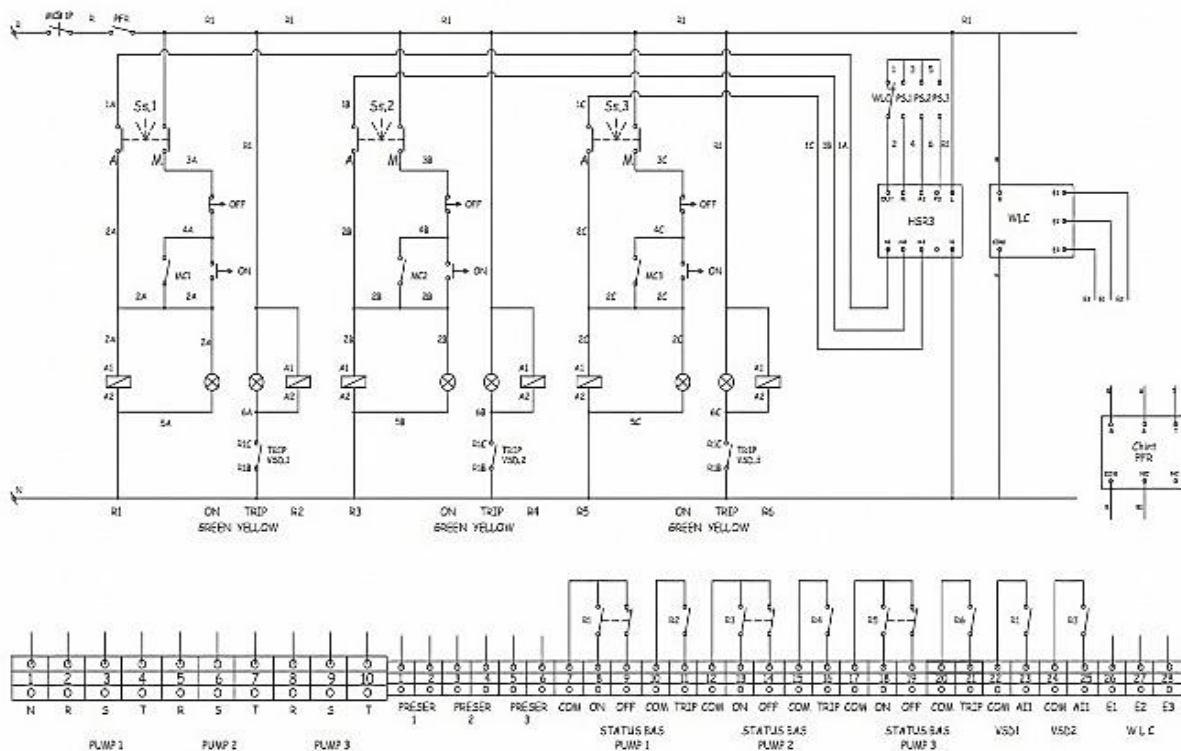
Gambar 3. Pompa Sentrifugal (Permana, 2017)

Bentuk konstruksinya mengakibatkan, aliran fluida yang keluar dari *impeller*-nya tegak lurus poros pompa. Saat ini pompa sentrifugal banyak digunakan dalam aplikasi komersial, industri dan pembangkit listrik dan sebagian besar pompa dioperasikan dengan sistem penggerak kecepatan konstan. Oleh karena itu, pompa mengkonsumsi energi yang sangat besar dari total energi setiap negara. Tapi itu bisa dioperasikan dalam sistem penggerak kecepatan variabel yang akan memberikan penghematan energi (Rakibuzzaman et al., 2015). Pentingnya kecepatan *impeller* pada pompa sentrifugal untuk meningkatkan efisiensi dibuktikan pada hasil simulasi diamati bahwa dengan bertambahnya kecepatan putaran *impeller* maka tekanan didalam *impeller* meningkat secara bertahap dari saluran *input impeller* ke *outlet impeller* (Selamat et al., 2018). Penurunan kecepatan maksimum 10%

dapat menurunkan konsumsi daya hingga 50%, sedangkan peningkatan efisiensi maksimum 7,2%. Pengurangan daya berbeda untuk pengurangan kecepatan yang berbeda. Dalam sistem yang didominasi *head* dinamis, efisiensi akan tetap konstan selama pengurangan kecepatan sedangkan pada sistem yang didominasi *head* statis akan berubah (Handayani, 2013).

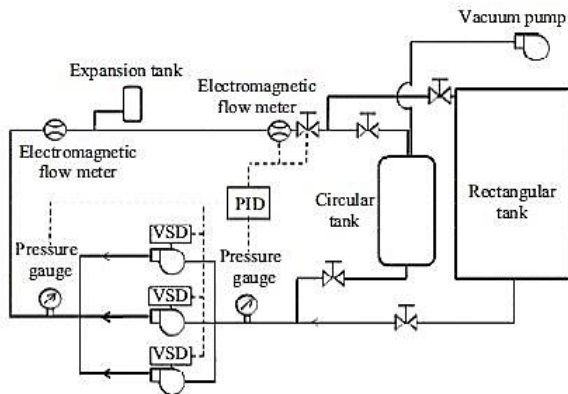
METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan ekperimental dengan membuat sistem tiga pompa sentrifugal paralel yang dilengkapi *variable speed drive* untuk kemudian dilakukan pengambilan dan analisa data guna menghasilkan sistem kerja dengan performa terbaiknya yang memiliki tingkat efisiensi tinggi.



Gambar 4. Wiring Panel VSPP.

Pada gambar rancangan dibawah ini dapat kita lihat proses kerja dari sistem yang digunakan.



Gambar 5. Rancangan Sistem Variable Speed Parallel Pump (VSPP)

Proses kerja sistem Variable Speed Parallel Pump (VSPP) sebagai berikut. Trigger pertama sistem kendali VSPP mendapatkan signal dari pressure switch dengan nilai kurang dari 4 bar yang berarti tekanan air dalam kondisi kurang atau low, signal tersebut dikirimkan ke VSD 1 untuk menjalankan perintah menghidupkan pompa 1, jika pompa 1 mampu melayani pemakaian air yang diindikasikan oleh tercapainya tekanan air maka hanya pompa 1 yang bekerja. Namun apabila pompa 1 tidak bisa mencukupi kebutuhan penggunaan air, maka pressure menjadi drop sampai di tekanan 3,2 bar dan pressure switch kedua pun memberi signal tambahan pada sistem kendali VSPP meneruskan signal tersebut pada VSD 2, dan VSD 2 akan menjalankan perintah untuk menghidupkan pompa 2 guna membantu pompa 1 memberikan suplai air, apabila pompa 1 dan pompa 2 masih tidak dapat mencukupi kebutuhan penggunaan air dan tekanan kembali menjadi drop sampai 2,2 bar maka pressure switch ketiga akan memberikan signal tambahan pada sistem kendali VSPP meneruskan signal

tersebut pada VSD 3, dan VSD 3 akan menjalankan perintah untuk menghidupkan pompa 3 guna membantu pompa 1 dan 2 memberikan suplai air ketiga pompa akan berhenti bersamaan ketika tercapai tekanan sebesar lebih dari 4 bar, begitu seterusnya sistem kendali variable speed parallel pump 3 pompa ini bekerja berdasarkan tekanan atau kebutuhan penggunaan air.

Pada proses perancangan variable speed parallel pump 3 pompa ini bahan dan peralatan yang digunakan diperlihatkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan material	Jumlah
Box Panel	1 Unit
Pompa	3 Unit
Gate Valve	3 Unit
Lampu Kuning	3 Unit
Lampu Hijau	3 Unit
Lampu Merah	3 Unit
Push button hijau/on	3 Unit
Push button merah/off	3 Unit
Selector man off auto	3 Unit
Kabel duct	1 Unit
Inverter (VSD)	3 Unit
MCB 3 Phase 20A	1 Unit
MCB 3 Phase 10A	3 Unit
MCB 1 Phase 16A	1 Unit
KL/Hsr 3	1 Unit
WLC	1 Unit
Terminal TR 10	28 Pcs
Terminal TR 20	9 Pcs
Pressure Switch	3 Unit
Pressure Gauge	1 Unit
Kran 1"	1Unit

Tabel 2. Alat yang digunakan

Alat	Jumlah
Obeng (+)	1 Unit
Obeng (-)	1 Unit
Tang Kombinasi	1 Unit
Tang Press Skun	1 Unit
Tang Kupas Kabel	1 Unit
Tang Potong	1 Unit
Multitester	1 Unit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Instalasi Sistem VSPP

Berdasarkan rancangan sistem *variable speed parallel pump* (VSPP) menggunakan tiga buah pompa, telah dibuat dan menghasilkan purwarupa seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini terbagi menjadi dua bagian besar yaitu bagian panel kontrol dan bagian instalasi 3 buah pompa yang disusun secara paralel.



Gambar 6. Purwarupa *Variable Speed Parallel Pump* dengan 3 Pompa

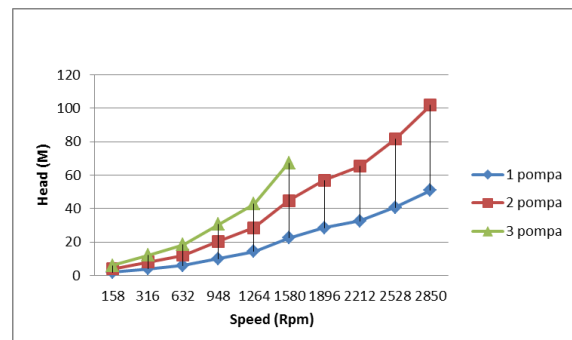
Dari gambar diatas dijelaskan *control panel* dengan 3 pompa dapat bekerja secara manual maupun otomatis, untuk mengubah mode kerja dari manual ke otomatis ataupun sebaliknya menggunakan *selector switch* pada pompa 1, pompa 2, dan pompa 3. Operasional secara manual dengan menekan *push button ON* untuk menjalankan atau *OFF* menghentikan pompa, yang telah tersedia untuk masing-

masing pompa. Sedangkan untuk mode otomatis pompa bekerja berdasarkan tekanan air dalam saluran pipa yang di deteksi oleh 3 buah *pressure switch*, dengan nilai *setting* 4 bar untuk menjalankan 1 buah pompa, 3,2 bar untuk menjalankan 2 buah pompa dan 2,2 bar untuk menjalankan 3 buah pompa. Setiap pompa dilengkapi dengan *variable speed drive* (VSD) untuk mengatur dan memberikan frekuensi yang sesuai dengan kecepatan yang dibutuhkan guna memenuhi kebutuhan penggunaan air.

Analisa dan Pengujian Sistem VSPP

Eksperimen sistem VSPP 3 pompa ditunjukkan pada gambar-gambar grafik dibawah ini, titik operasional aliran yang dirancang adalah 19,44 m³/jam pada *head* 67,3032 m. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan titik operasional tidak dapat dicapai dengan hanya menggunakan 1 pompa untuk mencapai titik operasional dibutuhkan 2 pompa pada kecepatan 2212-2528 rpm dengan daya konsumsi 2 pompa antara 1,51-1,59 kW atau dapat di capai dengan 3 pompa pada kecepatan 1580 rpm dengan daya konsumsi 3 pompa 2,04 kW.

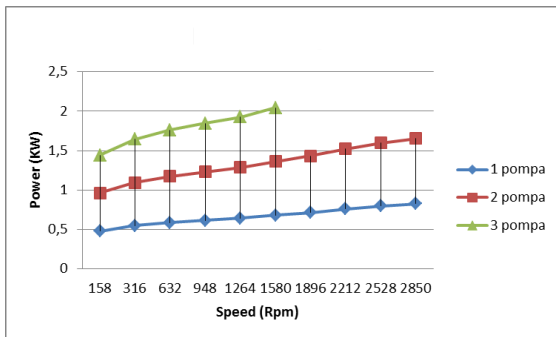
Berikut merupakan grafik data hasil pengujian sistem VSPP.



Gambar 7. Grafik laju *head* terhadap *speed* pompa

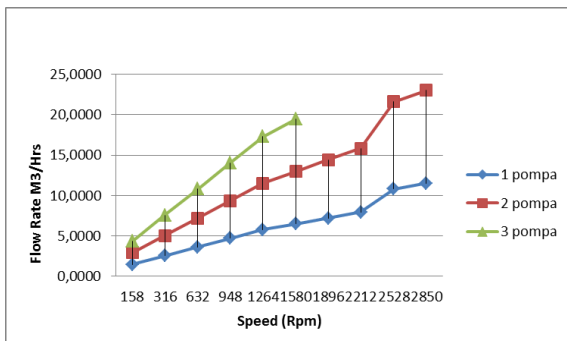
Gambar 7 menampilkan data perbandingan laju *head* (M) terhadap *speed*

(RPM), data menunjukkan setiap ada kenaikan *speed* hampir selalu sebanding dengan kenaikan *head*, ketika *head* sudah mencapai 50% dari maximumnya dapat dicapai dengan 44,4% dari *speed* maksimum. *Head* maksimum yang dicapai oleh satu unit pompa sebesar 50,9872 m setara dapat dicapai dengan 2 pompa paralel dengan berbeda kecepatan pompa 1 sebesar 1896 rpm dan pompa 2 sebesar 1580 rpm.



Gambar 8. Grafik laju *power* terhadap *speed* pompa

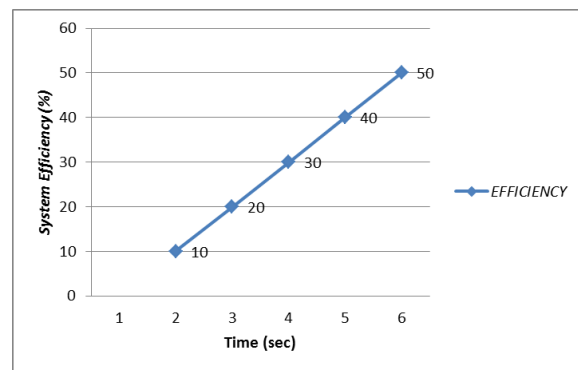
Gambar 8 menampilkan laju kenaikan kecepatan terhadap daya. Data menunjukkan setiap kenaikan 11,1% rpm terjadi kenaikan daya sebesar 3,3 sampai 4,7% dengan daya optimum untuk mencapai titik operasional sebesar 1,5 sampai 1,59 kW. Penghematan daya mencapai 20%.



Gambar 9. Grafik laju *flow rate* terhadap *speed* pompa

Gambar 9 menampilkan data laju kecepatan terhadap laju alir hasil

eksperimen VSPP 3 pompa kenaikan *flow rate* konstan sebanding dengan kenaikan kecepatan sampai dengan 2212 rpm dengan flow rate 7,92 m³/jam untuk 1 pompa dan 15,84 m³/jam untuk 2 pompa. Terjadi kenaikan *flow rate* cukup signifikan pada laju kenaikan kecepatan yang sama yaitu pada titik 2212 rpm ke 2528 rpm sebesar 4 kali lipat dari kenaikan laju kecepatan lainnya.



Gambar 10. Grafik laju *efisiensi* terhadap *speed* pompa

Gambar 10 menampilkan grafik efisiensi sistem VSPP 3 pompa. Grafik laju efisiensi berdasarkan eksperimen menghasilkan efisiensi optimum saat pompa 1 dan 2 dalam keadaan *running* pada kecepatan, 2212 sampai 2528 rpm sudah dapat mencapai titik operasional yang dirancang. Jalannya pompa bersamaan dalam waktu 10 second *efficiency* pompa yaitu 50 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisa dapat disimpulkan bahwa sistem VSPP 3 pompa dapat mencapai titik operasional yang dibutuhkan dengan efisiensi dan performa terbaiknya menggunakan 2 pompa pada kecepatan 2212 sampai 2528 rpm dengan daya konsumsi 2 pompa antara 1,51 sampai 1,59 kW. Melalui konfigurasi operasional pompa

paralel dengan pengaturan jalannya pompa pada *pressure switch* yang berbeda-beda pompa 1 diatur pada 4 bar, pompa 2 pada 3,2 bar dan pompa 3 pada 2,2 bar. Efisiensi yang dicapai 50% dengan penghematan daya sebesar 20%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Jamal A Rachman, S.Si., M.Sc. selaku Kaprodi Teknik Elektro yang membantu mengarahkan jalannya penelitian dan kepada pihak yang telah memotivasi sehingga penelitian ini bisa terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Arslan, S., & Sahib, A. A. (2016). Comparison of energy efficiencies of a small centrifugal pump at constant and variable speed operations. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 22(3). <https://doi.org/10.15832/ankutbd.257734>
- Atmam, Tanjung, A., & Zulfahri. (2018). Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD). *SainETIn*, 2(2). <https://doi.org/10.31849/sainetin.v2i2.1218>
- Chernysheva, T. A., Anikin, V. V., Chernyshev, I., & Chernyshev, A. Y. (2019). Variable speed electric drive of centrifugal pump in oil lifting plants. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 330(12). <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/12/2417>
- Feng, Z. M., Guo, C., Zhang, D., Cui, W., Tan, C., Xu, X., & Zhang, Y. (2020). Variable speed drive optimization model and analysis of comprehensive performance of beam pumping unit. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107155>
- Handayani, S. U. (2013). KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL ALIRAN CAMPUR DENGAN VARIABLE FREQUENCY DRIVE. *ROTASI*, 15(3). <https://doi.org/10.14710/rotasi.15.3.30-34>
- Permana, D. S. (2017). ANALISA JENIS DAN SPESIFIKASI POMPA AIR BERSIH GEDUNG PABRIK PERAKITAN PT. ADM. *SINERGI*, 21(2). <https://doi.org/10.22441/sinergi.2017.2.003>
- Rakibuzzaman, R., Suh, S. H., Kim, K. W., Kim, H. H., Cho, M. T., & Yoon, I. S. (2015). A study on multistage centrifugal pump performance characteristics for variable speed drive system. *Procedia Engineering*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.05.109>
- Saidur, R., Mekhilef, S., Ali, M. B., Safari, A., & Mohammed, H. A. (2012). Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 16, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.020>
- Selamat, F. E., Wan Izhan, W. H. I., & Baharudin, B. S. (2018). Design and analysis of centrifugal pump impeller for performance enhancement. *Journal of Mechanical Engineering*, 5(Specialissue2).