

## Modifikasi Unjuk Kerja Pompa Air Rumah Tangga Berimpeller Tipe Turbin dengan Variasi Sudut Lajuan Tutup Casing

Harinaldi\* dan Sugeng Sunarto\*\*

\*) Laboratorium Mekanika Fluida  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru-UI, Depok, Jawa Barat, 16424  
E-mail: [harinald@eng.ui.ac.id](mailto:harinald@eng.ui.ac.id)

\*\*\*) Divisi Pompa, PT. National Gobel, Jakarta

### Abstrak

Penelitian ini merupakan kegiatan pengembangan desain produk dari sebuah pompa air rumah tangga komersial jenis sentrifugal berimpeller tipe turbin dengan spesifikasi total head sebesar 28 m H<sub>2</sub>O dan kapasitas maksimum 30 l/min. Pengembangan dilakukan dengan mempertimbangkan aspek dinamika fluida aliran dalam pompa dengan tetap mempertahankan spesifikasi kebutuhan daya penggerak yang sama dengan model komersial yang ada. Hal ini dilakukan dengan memvariasikan sudut lajuan pada tutup casing. Tiga kondisi sudut lajuan pada tutup casing (0,5°, 1,0° dan 2,0°) digunakan pada pompa yang dimodifikasi dan unjuk kerjanya diuji secara eksperimental. Pengujian dilakukan mengikuti standard dari Hydraulic Standard Institute dengan mengukur variabel-variabel tekanan pada sisi hisap dan keluar, kecepatan putar, tegangan, arus dan daya motor penggerak, serta waktu pengisian gelas ukur standard. Hasil-hasil berupa parameter kinerja pompa meliputi hubungan antara head, kapasitas aliran, daya air, daya motor dan efisiensi kemudian disajikan dalam diagram-diagram karakteristik kinerja standard sebuah pompa untuk selanjutnya dianalisis lebih jauh. Dari beberapa hasil pengujian didapati bahwa variasi sudut lajuan tutup casing memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan kinerja pompa. Efisiensi tertinggi sampai dengan 16% dan kapasitas yang besar diperoleh jika menggunakan tutup casing dengan sudut lajuan 0,5° sedangkan head tekan terbesar mencapai 31 m H<sub>2</sub>O dapat dicapai dengan menggunakan tutup casing dengan sudut lajuan 1°. Pada sudut yang lebih besar (2°) baik head maupun efisiensi menurun dengan drastis.

Kata Kunci : Pompa sentrifugal, konfigurasi sudu, sudut lajuan, casing pompa, pengujian pompa

### 1. Pendahuluan

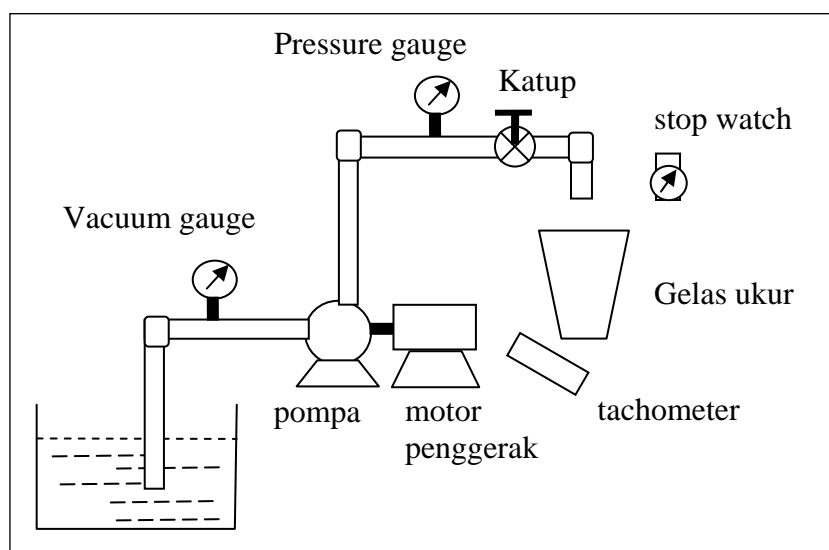
Pemakaian pompa air jenis pompa sentrifugal sudah sangat luas di berbagai bidang industri maupun untuk keperluan rumah tangga. Khususnya untuk pompa air rumah tangga, spesifikasi dan teknologi yang digunakan dalam berbagai produk pompa sudah sangat berkembang sehingga menjadikan banyaknya pilihan pompa air bagi pemakai. Dari sisi produsen pompa air, pengembangan desain pompa yang memiliki kinerja lebih unggul, lebih efisien dalam pemakaian energi dan lebih mudah dan murah dalam proses produksinya merupakan salah satu kegiatan utama yang dilakukan. Dengan demikian, meskipun secara historis teknologi pompa sentrifugal sudah berkembang sejak lama dan hampir dapat dikatakan mencapai taraf yang matang, sampai saat ini pun upaya lebih dalam untuk meningkatkan kinerjanya masih menjadi perhatian besar baik bagi kalangan peneliti permesinan fluida maupun kalangan industri yang lebih menekankan aspek aplikatif. Beberapa diantaranya antara lain Henshaw [1980] yang mempatenkan temuannya berupa casing pompa volute yang dimodifikasi yang diklaim dapat mereduksi beban radial sekitar 45% tanpa mempengaruhi secara signifikan kapasitas, head maupun efisiensi pompa. Desain casing volute tersebut dapat mengurangi beban pada poros impeller saat pompa bekerja pada kapasitas di bawah titik efisiensi terbaik (*best-efficiency-point*) dengan meningkatkan luas aliran casing dibandingkan desain volute yang sesungguhnya pada daerah di hilir *cutwater* sampai titik yang berlawanan. Sementara itu, Osborne, et.al [1988] menginvestigasi dan mempatenkan temuannya berupa konstruksi casing pompa dengan putaran spesifik rendah. Pada konstruksi tersebut dimensi-dimensi internal ruang pompa (*pump chamber*) lajuan saluran tekan

(*discharge passage*) diperbesar untuk dapat lebih mengurangi kecepatan aliran jika dibandingkan dengan pompa dengan konstruksi casing konvensional. Sebuah penghambat yang ukurannya terkontrol disusun bersebelahan dengan saluran tekan untuk mengurangi peningkatan resultan dari kapasitas aliran pada kondisi disain yang ditetapkan. Konstruksi yang demikian ini dapat memberikan konsistensi yang lebih baik pada nilai efisiensi operasi pompa. Tatebayashi dan Tanaka [2005] meneliti berbagai karakteristik kinerja pompa sentrifugal jenis *screw* secara eksperimental dan numerik dan mendapati bahwa terdapat tiga region aliran balik (*backflow*) yang dapat mempengaruhi kinerja pompa. Salah satunya yang paling dominan adalah aliran balik dari *volute casing* menuju *impeller outlet*. Penelitian ini merekomendasikan pemasangan dinding menyerupai cincin (*ringlike wall*) pada sisi hisap casing penutup (*suction cover casing*) antara *volute casing* dan *impeller outlet* untuk menghambat *backflow* guna meningkatkan kinerja pompa. Impeller dengan sudu-sudu pemisah (*splitter blades*) yang digunakan dalam desain pompa sumur dalam (*deep well pump*) baru-baru ini diteliti oleh Usta dan Pancar [2007]. Dengan menjaga konstan parameter-parameter casing pompa, sudut masuk dan keluar sudu, ketebalan sudu, dan diameter masuk dan keluar impeller, hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penambahan jumlah bilah pemisah dapat meningkatkan head pompa, namun hal tersebut menyebabkan penurunan efisiensi karena adanya efek penghalang (*blockage effect*) akibat ketebalan bilah dan gesekan.

Dengan mempertimbangkan kemungkinan-kemungkinan dapat ditingkatkannya kinerja pompa dengan memvariasikan berbagai parameter desain seperti ditunjukkan oleh hasil-hasil penelitian terdahulu yang disebutkan di atas, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan desain produk dari sebuah pompa air rumah tangga komersial jenis pompa sentrifugal dengan tipe impeller turbin yang memiliki spesifikasi total head sebesar 28 m H<sub>2</sub>O dan kapasitas maksimum 30 l/min. Pengembangan desain dilakukan dengan mempertimbangkan aspek dinamika fluida aliran dalam pompa dengan tetap mempertahankan spesifikasi kebutuhan daya penggerak yang sama dengan model komersial yang ada. Hal ini dilakukan dengan modifikasi pada konfigurasi susunan sudu dan memvariasikan sudut laluan pada tutup casing.

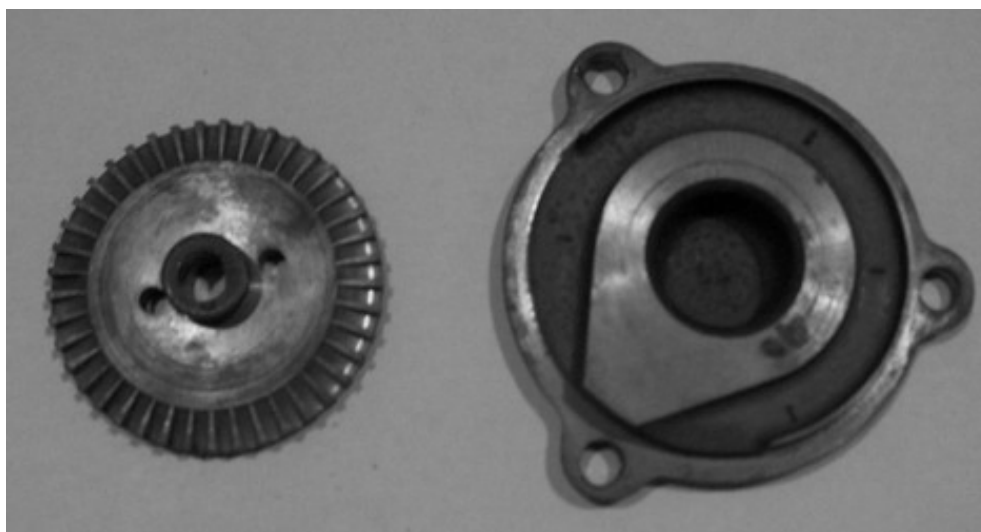
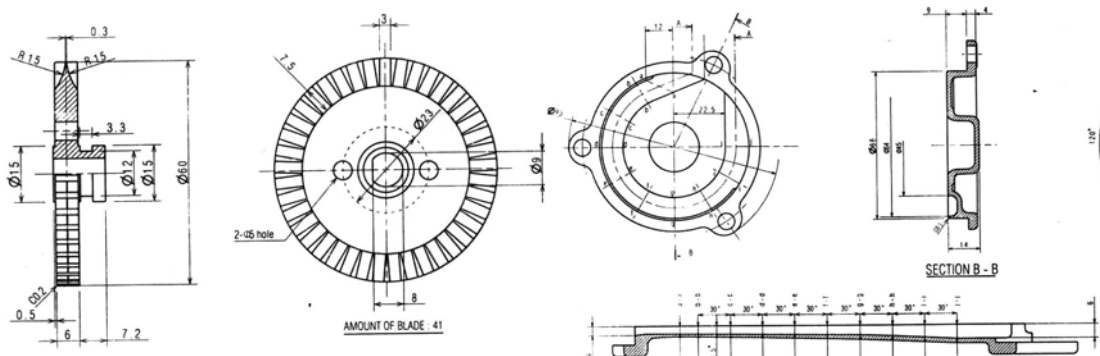
## 2. Metode Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan mengikuti standard dari Hydraulic Standard Institute untuk pengujian pompa dengan mengukur variabel-variabel tekanan pada sisi hisap dan keluar, kecepatan putar, tegangan, arus dan daya motor penggerak, serta waktu pengisian gelas ukur standard. Pengujian pompa dilakukan dalam pump test-bench berupa sebuah instalasi sirkuit aliran terbuka. Ilustrasi skematik dari instalasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Instalasi Pengujian Pompa

Test-bench dilengkapi dengan sebuah motor penggerak pompa uji tipe motor induksi satu fasa condenser-run (capacitor type) dengan daya 125 Watt pada tegangan dan frekuensi input 220 V/50Hz. Pada pengujian poros motor penggerak dihubungkan langsung dengan pompa, sehingga rugi transmisi dapat diabaikan. Instrumen-instrumen ukur yang digunakan terkalibrasi dengan baik terdiri dari Bourdon type pressure gauge (Yamamoto, standard JIS B-7505), non-contact type digital tachometer (Line Seiki TM1002), digital stopwatch, gelas ukur, alat-alat ukur listrik standard JIS-C1102 class 0,5 meliputi voltmeter, amperemeter dan wattmeter (Yokogawa). Dengan instrumen yang digunakan serta prosedur pengujian sesuai standard, ketidak-pastian pengukuran (uncertainty) untuk tekanan, kapasitas alir dapat dijaga dibawah 1% dan putaran pompa  $\pm 0,1\%$  sehingga memenuhi persyaratan yang ditentukan Hydraulic Standard Institute untuk nilai ketidakpastian maksimum masing-masing untuk tekanan  $\pm 2\%$ , kapasitas alir  $\pm 2\%$  dan putaran pompa  $\pm 0,3\%$ . Pompa yang digunakan adalah pompa air rumah tangga berimpeller tipe turbin (*turbine impeller type-centrifugal pump*) komersial (National – GP-125JB) yang memiliki spesifikasi operasi head total 28 m dan kapasitas maksimum 30 l/min dengan diameter pipa hisap dan pipa tekan 25,4 mm (1 inch.). Pada versi komersialnya, pompa ini memiliki konstruksi standard dengan konfigurasi sejajar susunan sudu yang terdapat pada dua muka impeller yang bersebelahan serta memiliki tutup casing (*casing cover*) dengan sudut laluan sepanjang aliran volute  $0^\circ$  (tutup casing rata). Sebagai parameter variabel yang menjadi fokus dalam penelitian untuk memodifikasi unjuk kerja pompa standard adalah sudut laluan pada tutup casing. Dalam penelitian digunakan tiga kondisi sudut laluan  $0,5^\circ$ ,  $1^\circ$  dan  $2^\circ$ . Baik impeller maupun tutup casing dimanufaktur dengan proses permesinan yang teliti menggunakan mesin-mesin CNC, sehingga keakuratan dimensi yang diinginkan dapat dipenuhi. Gambar 2 menunjukkan gambar detail konstruksi impeller dan tutup casing serta foto benda jadi hasil proses manufakturnya.



Gambar 2. Konstruksi Impeler dan Casing Penutup

Pengujian pompa dengan tutup casing yang dimodifikasi ini dilakukan dengan kecepatan putaran pompa konstan  $\pm 3000$  rpm. Untuk satu kondisi bukaan katup tekan (*discharge valve*) pembacaan masing-masing alat ukur dilakukan sebanyak 7 kali dengan interval waktu pembacaan 5 menit. Kapasitas alir diukur dengan mencatat waktu yang diperlukan untuk mengisi gelas ukur standard volume 2 lt dengan menggunakan sebuah stopwatch. Besaran-besaran yang dapat diperoleh dari pembacaan alat ukur yang digunakan meliputi tekanan tekan/sisi keluar ( $h_{gd}$ ), tekanan hisap/sisi masuk ( $h_{gs}$ ), kapasitas alir ( $Q$ ), dan daya motor ( $P_m$ ). Dengan demikian besarnya head total ( $H$ ), daya air ( $P_w$ ) dan efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) dapat ditentukan dengan rumus :

$$H = h_{gd} - h_{gs} \quad (1)$$

$$P_w = \gamma QH \quad (2)$$

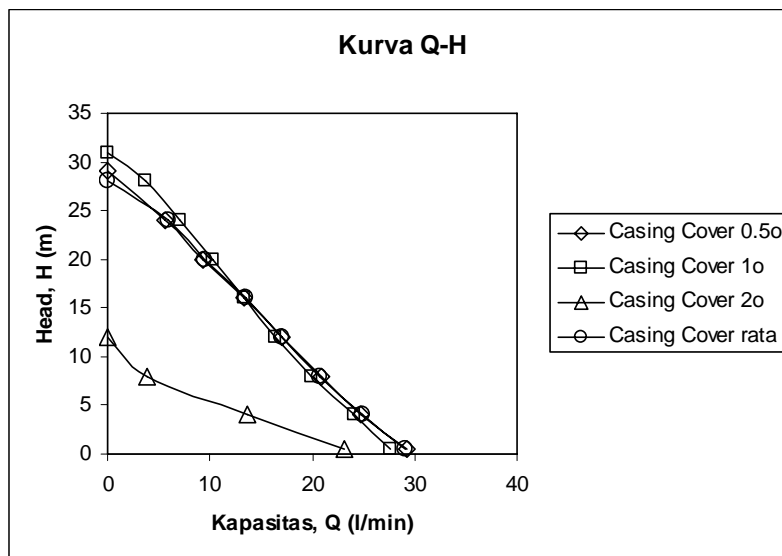
$$\eta_p = P_w / P_m \quad (3)$$

dimana  $\gamma$  adalah berat spesifik air.

### 3. Hasil dan Pembahasan

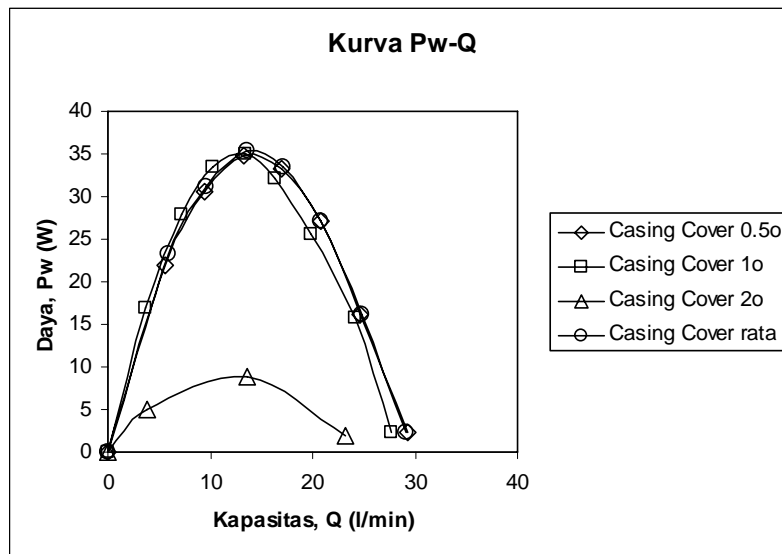
Hasil-hasil berupa parameter kinerja pompa meliputi hubungan antara head, kapasitas aliran, daya air, daya motor dan efisiensi kemudian disajikan dalam diagram-diagram karakteristik kinerja standard sebuah pompa seperti ditunjukkan pada Gambar (3-5), untuk dianalisis lebih lanjut.

Gambar 3 menunjukkan kurva karakteristik kinerja pompa  $Q-H$  yang menunjukkan hubungan antara kapasitas dan head pemompaan pada putaran pompa 3000 rpm untuk seluruh jenis tutup casing yang digunakan dalam penelitian. Dari gambar terlihat jelas bahwa pengaruh sudut lalan casing terlihat cukup signifikan. Peningkatan besar sudut lalan casing dari  $0^\circ$  sampai  $1^\circ$  menyebabkan peningkatan head pemompaan untuk kapasitas pemompaan yang sama. Hal ini tampak lebih signifikan pada kisaran (*range*) kapasitas pompa yang rendah sampai sekitar separuh dari kapasitas pemompaan maksimal yang mungkin dicapai ( $\pm 15$  l/min). Pada kapasitas yang lebih besar, peningkatan head akibat peningkatan sudut lalan tutup casing tetap terjadi namun tidak cukup signifikan. Peningkatan lebih lanjut sudut lalan tutup casing (menjadi  $2^\circ$ ) memberikan pengaruh yang berlawanan dan sangat signifikan terhadap karakteristik hubungan kapasitas dan head pemompaan yang dihasilkan. Hal ini terlihat pada kurva karakteristik  $H-Q$  yang terletak jauh di bawah kurva karakteristik untuk tutup casing yang lebih kecil. Head maksimum yang dapat dicapai hanya berkisar 12 m dan kapasitas maksimum 23 l/min.



Gambar 3. Kurva  $Q-H$  kinerja pompa (putaran pompa,  $n = 3000$  rpm)

Kurva karakteristik daya pompa  $P_w - Q$  yang menunjukkan hubungan antara kapasitas dan daya air pemompaan pada putaran pompa 3000 rpm untuk seluruh jenis tutup casing yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat pada gambar kurva karakteristik daya untuk tutup casing dengan sudut laluan  $0,5^\circ$  dan tutup casing rata ( $0^\circ$ ) hampir berimpit di seluruh kisaran kapasitas pemompaan dengan daya maksimum untuk casing  $0,5^\circ$  sedikit lebih besar. Daya air maksimum yang diperoleh dengan sudut  $0,5^\circ$  ini paling besar nilainya untuk seluruh kasus yang diteliti. Sementara itu untuk pompa dengan sudut laluan tutup casing  $1^\circ$ , kurva karakteristik daya sedikit bergeser ke nilai yang lebih rendah. Seperti halnya pada kurva karakteristik kinerja sebelumnya, peningkatan lebih lanjut sudut laluan tutup casing (menjadi  $2^\circ$ ) memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap karakteristik daya air pemompaan dimana daya pompa turun sangat drastis.

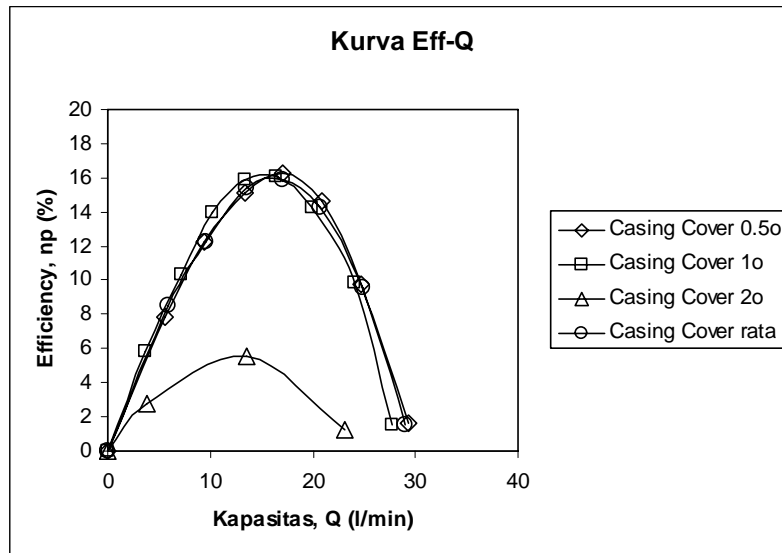


Gambar 4. Kurva karakteristik daya pompa (putaran pompa,  $n = 3000$  rpm)

Gambar 5 menunjukkan kurva karakteristik efisiensi pompa  $\eta_p - Q$  yang menunjukkan hubungan antara kapasitas dan efisiensi pompa pada putaran pompa 3000 rpm untuk seluruh jenis tutup casing yang digunakan dalam penelitian. Terlihat pada gambar kurva karakteristik efisiensi untuk tutup casing dengan sudut laluan  $0,5^\circ$  dan tutup casing rata ( $0^\circ$ ) hampir berimpit di seluruh kisaran kapasitas pemompaan. Titik efisiensi terbaik (*Best Efficiency Point/BEP*) untuk kedua kurva dicapai pada kapasitas sekitar 17 l/min dengan efisiensi maksimum untuk casing  $0,5^\circ$  sedikit lebih besar. Efisiensi pemompaan maksimum sebesar 16,24 % yang diperoleh dengan sudut laluan casing  $0,5^\circ$  merupakan yang paling besar nilainya untuk seluruh kasus yang diteliti. Sementara itu untuk pompa dengan sudut laluan tutup casing  $1^\circ$ , kurva karakteristik efisiensi pemompaan bergeser ke arah kapasitas yang lebih kecil dengan titik efisiensi terbaik pada kapasitas 14 l/min. Seperti halnya pada kurva karakteristik kinerja sebelumnya, peningkatan lebih lanjut sudut laluan tutup casing (menjadi  $2^\circ$ ) memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap karakteristik efisiensi pemompaan dimana efisiensi pompa turun sangat drastis.

Dengan memperhatikan secara keseluruhan kurva-kurva karakteristik kinerja pompa di atas, terlihat jelas bahwa upaya untuk meningkatkan kinerja pompa dengan memvariasikan besarnya sudut laluan tutup casing dapat dilakukan sampai suatu batas nilai tertentu. Peningkatan sudut laluan tutup casing sampai  $1^\circ$  dapat meningkatkan head pompa sampai 31 m yang berarti peningkatan 10,7 % dari desain standard tutup casing rata. Sementara itu, meskipun tidak terlalu signifikan peningkatan besarnya efisiensi maksimum sebesar kurang lebih 3% dari desain standard tutup casing rata dapat diperoleh dengan sudut laluan tutup casing  $0,5^\circ$ . Peningkatan lebih besar lagi sudut laluan casing menyebabkan turunnya secara drastis seluruh karakteristik kinerja pompa. Hal ini kemungkinan besar disebabkan dengan berubahnya pola aliran (*flow pattern*) pada saluran volute casing yang luasnya membesar. Terbentuknya region aliran balik (*backflow*) yang dapat mempengaruhi kinerja pompa

seperti yang dilaporkan oleh Tatebayashi dan Tanaka [2005] boleh jadi merupakan mekanisme yang berperan pada penurunan karakteristik kinerja tersebut. Untuk menjelaskan mekanisme ini, di masa mendatang diperlukan penelitian lanjutan yang berfokus pada diagnostik secara detil medan aliran yang terbentuk di dalam casing pompa.



Gambar 5. Kurva karakteristik efisiensi pompa (putaran pompa,  $n = 3000$  rpm)

#### 4. Kesimpulan

Karakteristik kinerja pompa air rumah tangga berimpeller tipe turbin telah diteliti secara eksperimental dengan menggunakan pengujian standard pompa. Pengaruh variasi sudut lalan pada casing penutup terhadap head total, daya pompa serta efisiensi pompa menjadi fokus utama yang dibahas. Dari beberapa hasil pengujian didapati bahawa perubahan sudut lalan tutup casing memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap perubahan kinerja pompa. Efisiensi tertinggi sampai dengan 16% dan kapasiti yang besar diperolehi jika menggunakan tutup casing dengan sudut lalan  $0,5^\circ$  sedangkan head tekan terbesar mencapai 31 m H<sub>2</sub>O dapat dicapai dengan menggunakan tutup casing dengan sudut lalan  $1^\circ$ . Pada sudut yang lebih besar ( $2^\circ$ ) baik head maupun efisiensi menurun dengan drastis.

#### Daftar Pustaka

Henshaw, T.L., 1980, "Modified Volute Pump Casing", United States Patent 4213742.

Hydraulic Institute, 1983, "Hydraulic Institute Standards for Centrifugal, Rotary dan Reciprocating Pumps", Ohio, USA.

Osborne, J.C, and Murphy P.T, 1988, " Low Specific Speed Pump Casing Construction", United States Patent 4789301

Tatebayashi, Y and Tanaka, K, 2005, "Pump Performance Improvement by Restraining Back Flow in Screw-Type Centrifugal Pump", Journal of Turbomachinery, Vol. 127, Issue 4, pp. 755-762

Usta, N and Pancar, Y., 2007, "Effects of Splitter Blades on Deep Well Pump Performance", Journal of Energy Resources Technology, Vol. 129, Issue 3, pp. 169-176