

PENGGUNAAN LINIER PROGRAMMING PADA SIRKUIT HIDROLIK MEMANFAATKAN RAGAM PEMBUKAAN KATUP PEMBATAS TEKANAN

Tri Pratomo*, Rina Dwi Yani, Nurhaidah dan Alban Naufal

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak

Jl. Jend. Achmad Yani, Pontianak 78124.

*Email: tpratomo217@gmail.com

Abstrak

Simulator sistem hidrolik atau yang lebih dikenal dengan hydraulic training unit merupakan alat pembelajaran yang digunakan untuk memahami sistem hidrolik. Pada hydraulic training unit terdapat tiga jenis katup pembatas tekanan yaitu; relief valve, flow control valve dan shut off valve. Tujuan riset ini yakni untuk mendapatkan energi listrik yang optimal pada rangkaian sistem hidrolik dengan mengatur pembukaan katup pembatas tekanan. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran tegangan, arus dan faktor daya yang terjadi pada masing-masing pembukaan katup pembatas tekanan. Menghitung daya listrik serta menghitung daya mekanik dari rangkaian sistem hidrolik. Melakukan optimalisasi menggunakan linier programming dan di uji menggunakan software Lindo.. Hasil yang diperoleh, pada rangkaian silinder hidrolik, pembukaan ¼ relief valve merupakan pembukaan optimal, energi listrik yang terjadi 390,6 Watt Jam. Pembukaan ¼ flow control valve merupakan pembukaan optimal, energi listrik yang terjadi 390,68 Watt Jam. Pembukaan ¼ shut off valve merupakan pembukaan optimal, energi listrik yang terjadi 390,68 Watt Jam.

Kata kunci: hidrolik, katup, pembatas, optimalisasi

PENDAHULUAN

Sistem hidrolik merupakan suatu sistem penerus gerakan linier dan putaran dengan menggunakan oli sebagai medianya. Sistem ini telah banyak digunakan di industri terutama pada industri pembuatan alat berat. Dalam sistem ini ada beberapa komponen yang menjadi satu kesatuan sehingga pergerakan atau putaran yang terjadi dapat dikendalikan dengan baik. Komponen yang mendukung sistem ini yaitu silinder hidrolik, katup kontrol arah, pompa hidrolik dan motor hidrolik (D. Merkie, B dkk 1998). Rangkaian sistem hidrolik tersebut menggunakan katup kontrol arah 4/3 untuk menggerakkan silinder hidrolik dan motor hidrolik. Pergerakan silinder hidrolik dan motor hidrolik memerlukan tekanan zat cair (oli) yang cukup tinggi, rata-rata komponen yang ada pada *Hydraulic training unit* dapat mengalirkan fluida dengan tekanan maksimal 100 kg/cm² (bar) (Tri Pratomo dkk, 2020).

Dengan dipasangnya katup pembatas tekanan maka aliran yang terjadi akan dibatasi. Akibat pembatasan tersebut maka kerja dari pompa hidrolik akan semakin cepat, sehingga daya yang digunakan akan semakin besar (Andrew Parr, 1998). Pada *hydraulic training unit* terdapat tiga jenis katup pembatas tekanan yaitu, *relief valve*, *flow control valve* dan *shut off valve*. Pada pembatasan tekanan fluida yang

masuk ke dalam rangkaian sistem hidrolik, perlu diketahui daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa hidrolik (Rex Miller dkk, 2004).

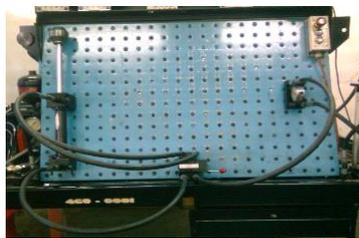
Dalam sistem hidrolik terdapat perubahan energi yaitu dari energi listrik menjadi energi mekanik, dimana putaran dari motor listrik menyebabkan ikut berputarnya pompa hidrolik. Berputarnya pompa hidrolik akan menyebabkan terisapnya fluida (oli) yang bertekanan kemudian akan disalurkan ke dalam sistem hidrolik (Gilbert A Mc Coy, John G Douglass, 2000). Jika keseluruhan sistem hidrolik telah teraliri fluida maka dengan menggunakan katup kontrol arah, silinder hidrolik dan motor hidrolik akan dapat digerakan baik dalam bentuk gerakan linier atau putaran (M. Galal Rabie, 2009).

Untuk mengetahui arus listrik yang masuk ke dalam motor listrik pada *hydraulic training unit* diperlukan pengukuran arus pada masing-masing fasa (R, S dan T). Pengukuran tegangan juga dilakukan pada masing-masing fasa. Pengukuran tegangan dan arus menggunakan *power quality analyzer*. Optimalisasi penggunaan energi listrik pada rangkaian sistem hidrolik pada rangkaian silinder hidrolik dan rangkaian penggabungan silinder hidrolik dengan motor hidrolik dilakukan untuk mendapatkan energi listrik yang dibutuhkan pada masing-masing katup pembatas tekanan.

Pembatasan tekanan fluida yang masuk ke dalam rangkaian sistem hidrolik, perlu diketahui daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa hidrolik. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui katup pembatas tekanan mana yang menggunakan daya listrik yang rendah, sehingga dapat direkomendasikan penggunaan katup pembatas tekanan yang akan diaplikasikan pada rangkaian sistem hidrolik.

METODE PENELITIAN

Penggunaan linier programming tersebut ditujukan untuk *training unit hydraulics* TP501 di Laboratorium Hidrolik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak. *Optimalisasi* penggunaan energi listrik pada rangkaian sistem hidrolik ini dilakukan agar konsumsi energi listrik pada saat penggunaan katup pembatas tekanan lebih optimal.



Gambar 1. Training Unit Hydraulics

Terpasangnya katup pembatas tekanan di rangkaian sistem hidrolik akan menyebabkan terbatasnya fluida yang masuk. Pembukaan 1/4, 1/2 dan 3/4 katup pembatas tekanan baik *relief valve*, *flow control valve* dan *shut off valve* akan mengakibatkan fluida yang masuk ke dalam rangkaian sistem hidrolik akan terhambat. Dari permasalahan diatas, bagian yang dimodelkan adalah variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala.



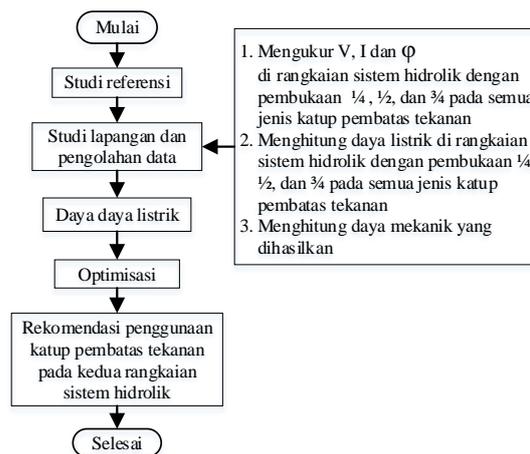
Gambar 2. Power Quality Analyzer

Data yang dibutuhkan untuk melakukan *optimalisasi* yakni, kecepatan pergerakan

silinder hidrolik, pengukuran tegangan arus dan faktor daya serta waktu yang dibutuhkan pada saat melakukan pengujian di sirkuit hidrolik.

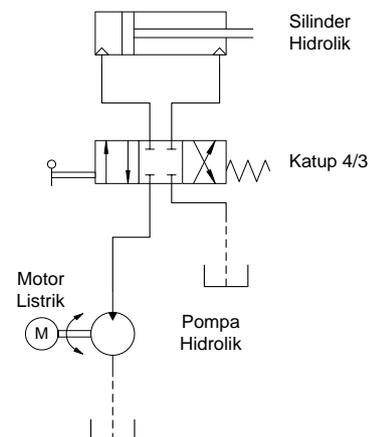
Pengukuran tegangan pada pembukaan semua jenis katup pembatas tekanan menggunakan *power quality analyzer*. Data yang diperoleh adalah tegangan, arus dan faktor daya. Kemudian menghitung daya listrik di sirkuit sistem hidrolik pada semua katup pembatas tekanan. Dari hasil perhitungan daya listrik tersebut diperoleh daya mekanik yang kemudian dilakukan *optimalisasi* menggunakan *linier programming*.

Tahapan pengukuran tegangan dan arus pada sirkuit hidrolik seperti pada gambar 3.



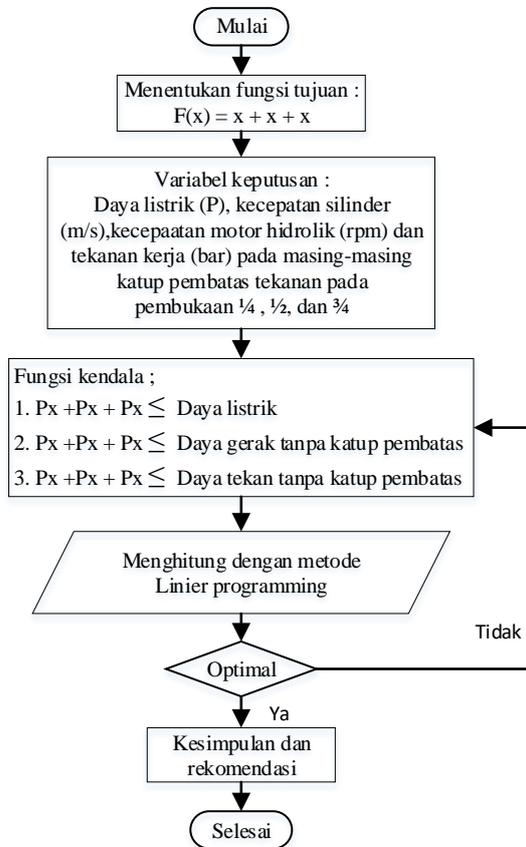
Gambar 3. Tahapan Pengukuran

Untuk tahapan *optimalisasi* diawali dengan menentukan fungsi tujuan, menentukan variabel keputusan dan menentukan fungsi kendala (Joko Luknanto, 2005) (Seno Darmawan Panjaitan, 2011).



Gambar 4. Sirkuit Katup Kontrol 4/3

Optimalisasi dilakukan dengan menggunakan metode *linier programming*. Berikut tahapan *optimalisasi* yang akan dilakukan. Sedangkan sirkuit hidrolik yang digunakan adalah sirkuit katup kontrol 4/3 sebagai berikut (Tri Pratomo, 2011)



Gambar 5. Tahapan *Optimalisasi*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran awal pada rangkaian yang menggunakan silinder hidrolik diperoleh, panjang langkah akhir piston 0,22 meter, tekanan pada langkah akhir piston 54 bar, waktu pada akhir langkah 2,46 detik dan kecepatan piston 0,089 meter/detik. Sedangkan pengukuran tegangan, arus dan faktor daya ≤ sebelum dipasang katup pembatas tekanan, pada fasa R-N, R memiliki faktor daya 0,62, fasa S-N, S memiliki faktor daya 0,68 dan fasa T-N, T memiliki faktor daya 0,67.

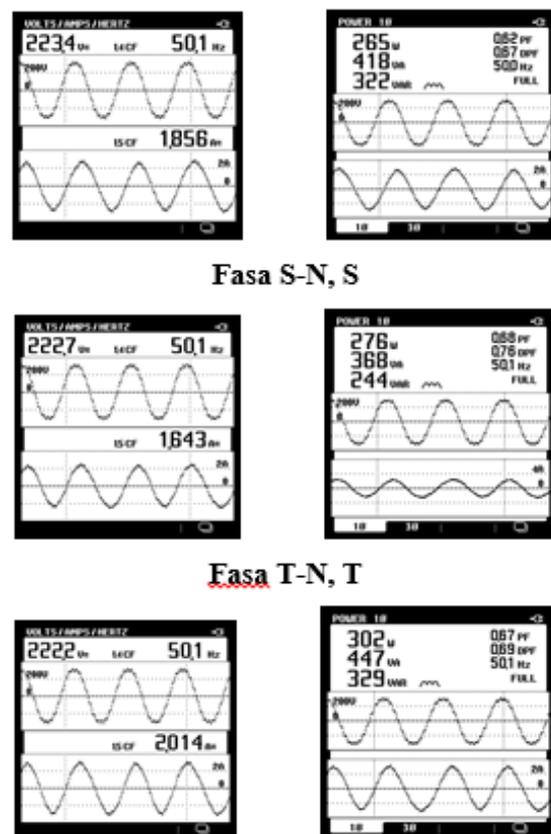
Setelah melakukan pengolahan data seperti pada gambar 6, selanjutnya untuk menyamakan satuan dari fungsi kendala maka dapat disimpulkan variabel keputusan adalah

mengoptimalkan energi yang digunakan pada rangkaian silinder hidrolik. Memaksimalkan fungsi tujuan sesuai dengan persamaan 1.

$$f(x) = Rx_1 + Sx_2 + Tx_3 \tag{1}$$

pengukuran yang diketahui rata-rata lama waktu pengujian di rangkaian silinder hidrolik adalah 23,7 menit untuk pembukaan 1/4, 20 menit untuk pembukaan 1/2 dan 16,3 menit untuk pembukaan 3/4. Satuan waktu diubah dari menit menjadi jam sehingga fungsi tujuan menjadi:

$$f(x) = 0,395x_1 + 0,33x_2 + 0,272x_3 \tag{2}$$



Gambar 6. Pengukuran *Power Quality Analyzer*

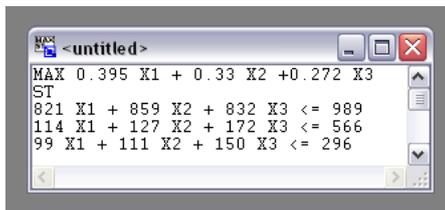
Kendala yang terjadi memiliki batasan daya listrik merupakan daya maksimal yang dimiliki oleh motor listrik 1,1 HP setara dengan 989 W. Untuk batasan daya tekan merupakan daya tekan maksimal dari *hydraulic training unit* 90 bar bila dikonversi menjadi 566 W. Untuk batasan daya gerak merupakan daya gerak maksimal dari piston tanpa katup pembatas tekanan 296 W. Fungsi kendala yang terjadi:

$$821x_1 + 859x_2 + 832x_3 \leq 989 \quad (3)$$

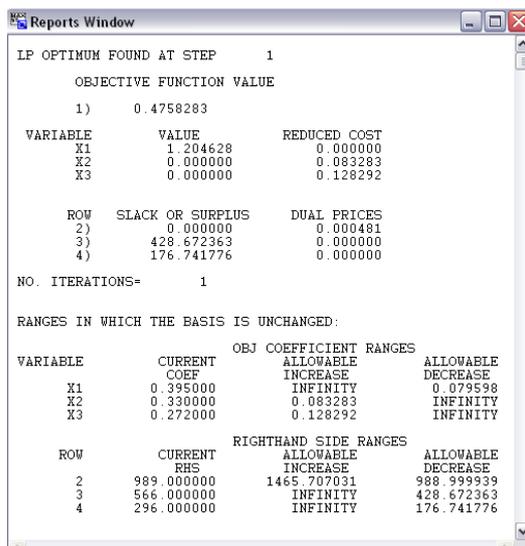
$$114x_1 + 127x_2 + 172x_3 \leq 566 \quad (4)$$

$$99x_1 + 111x_2 + 150x_3 \leq 296 \quad (5)$$

Persamaan 3, 4 dan 5 merupakan persamaan yang diperoleh setelah melakukan eksperimen. Yaitu dengan mengkonversi data hasil pengukuran dan data yang diperoleh dari perhitungan berdasarkan spesifikasi peralatan sistem hidrolik yang digunakan. Dari model matematis fungsi tujuan, variabel-variabel waktu dan fungsi kendala, selanjutnya dilakukan *optimalisasi* metode *linier programming* menggunakan program Lindo sebagai berikut:



Gambar 7. Input fungsi tujuan



Gambar 8. Hasil optimalisasi

Optimalisasi yang dilakukan pada *relief valve*; Nilai dari fungsi tujuan dari persamaan $F = 0,395x_1 + 0,33 x_2 + 0,272 x_3$ pada *relief valve* di rangkaian silinder hidrolik adalah 0,4758 jam.

Penggunaan *relief valve* pada rangkaian silinder hidrolik akan menghasilkan energi listrik yang optimal bila waktu pengujian dilakukan selama 0,4758 jam. Pembukaan *relief*

valve yang optimal terjadi pada pembukaan $\frac{1}{4}$, hal tersebut dapat dilihat pada program Lindo, x_1 memiliki nilai 1,2046 sedangkan x_2 dan x_3 bernilai nol. Dari waktu optimal pada *relief valve*, pembukaan $\frac{1}{4}$ akan menghasilkan energi yang optimal bila daya listrik yang terjadi pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 821 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4758 jam akan menghasilkan energi sebesar 390,6 Watt Jam. Daya tekan silinder pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 114 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4758 jam akan menghasilkan energi sebesar 54,24 Watt Jam. Daya gerak silinder pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 99 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4758 jam akan menghasilkan energi sebesar 47,1 Watt Jam.

Optimalisasi yang dilakukan pada *flow control valve*; Nilai dari fungsi tujuan dari persamaan $F = 0,395x_1 + 0,33 x_2 + 0,272 x_3$ pada *flow control valve* di rangkaian silinder hidrolik adalah 0,4747 jam. Penggunaan *flow control valve* pada rangkaian silinder hidrolik akan menghasilkan energi listrik yang optimal bila waktu pengujian dilakukan selama 0,4747 jam. Pembukaan *flow control valve* yang optimal terjadi pada pembukaan $\frac{1}{4}$, hal tersebut dapat dilihat pada program Lindo, x_1 memiliki nilai 1,2017 sedangkan x_2 dan x_3 bernilai nol. Dari waktu optimal pada *flow control valve*, pembukaan $\frac{1}{4}$ akan menghasilkan energi yang optimal bila daya listrik yang terjadi pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 823 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4747 jam akan menghasilkan energi sebesar 390,68 Watt Jam. Daya tekan silinder pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 143 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4747 jam akan menghasilkan energi sebesar 67,88 Watt Jam. Daya gerak silinder pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 125 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4747 jam akan menghasilkan energi sebesar 59,34 Watt Jam.

Optimalisasi yang dilakukan pada *shut off valve*; Nilai dari fungsi tujuan dari persamaan $F = 0,395x_1 + 0,33 x_2 + 0,272 x_3$ pada *shut off valve* di rangkaian silinder hidrolik adalah 0,4707 jam. Penggunaan *shut off valve* pada rangkaian silinder hidrolik akan menghasilkan energi listrik yang optimal bila waktu pengujian dilakukan selama 0,4707 jam. Pembukaan *shut off valve* yang optimal terjadi pada pembukaan $\frac{1}{4}$, hal tersebut dapat dilihat pada program Lindo, x_1 memiliki nilai 1,1916 sedangkan x_2 dan x_3 bernilai nol. Dari waktu optimal pada *shut off valve*, pembukaan $\frac{1}{4}$ akan menghasilkan energi

yang optimal bila daya listrik yang terjadi pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 830 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4707 jam akan menghasilkan energi sebesar 390,68 Watt Jam. Daya tekan silinder pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 143 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4707 jam akan menghasilkan energi sebesar 67,31 Watt Jam. Daya gerak silinder pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 125 Watt dikalikan dengan waktu optimal 0,4707 jam akan menghasilkan energi sebesar 58,84 Watt Jam.

PENTUP

Kesimpulan

Pembukaan $\frac{1}{4}$ *relief valve* merupakan pembukaan yang optimal dari rangkaian silinder hidrolik. Waktu optimal pengujian *relief valve* pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 0,4758 jam, sehingga energi listrik yang digunakan adalah sebesar 390,6 Watt Jam. Pembukaan $\frac{1}{4}$ *flow control valve* merupakan pembukaan yang optimal dari rangkaian silinder hidrolik. Waktu optimal pengujian *flow control valve* pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 0,4747 jam, sehingga energi listrik yang digunakan adalah sebesar 390,68 Watt Jam. Pembukaan $\frac{1}{4}$ *shut off valve* merupakan pembukaan yang optimal dari rangkaian silinder hidrolik. Waktu optimal pengujian *shut off valve* pada pembukaan $\frac{1}{4}$ adalah 0,4707 jam, sehingga energi listrik yang digunakan adalah sebesar 390,68 Watt Jam. Untuk penggunaan katup pembatas tekanan pada rangkaian silinder hidrolik di *hydraulic training unit* sebaiknya menggunakan *relief valve* pada pembukaan $\frac{1}{4}$. Karena menggunakan energi listrik yang paling rendah yaitu 390,6 Watt Jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew Parr, 1998, *Hydraulics and Pneumatics; A Technicians and Engineers Guide*, Elsevier Science Ltd, England
- D. Merkie, B. Schrader, M. Thomes, 1998, *Hydraulics*, Festo Didactic GmbH, Denkendorf.
- Gilbert A Mc Coy, John G Douglass, 2000, *Energy Management For Motor Driven System*, Washington State University, Washington
- Joko Luknanto, 2005, *Dasar-dasar Optimasi; Optimasi Linier*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- M. Galal Rabie, 2009, *Fluid Power Engineering*, The Mc Graw Hill Companies Inc, USA
- Rex Miller, Mark Richard Miller, Hary Stewart,

2004, *Pump and Hydraulics*, Wiley Publishing Inc, USA

Seno Darmawan Panjaitan, 2011, *Diktat Optimalisasi*, Magister Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura, Pontianak

Tri Pratomo, 2011, *Optimalisasi Energi Listrik Pada Rangkaian Dua Actuator Hidrolik Menggunakan Variasi Katup Pembatas Tekanan di Hydraulic Training Unit*, Tesis

Tri Pratomo dkk, 2021, *Prototipe Double Acting Cylinder Hydraulic Transparan Sebagai Media Pembelajaran Sistem Hidrolik*, Jurnal Turbo Volume 10 Nomor 1 Halaman 84-92, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro