

SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM HYDRO – MAGNETO – ELECTRIC REGENERATIVE SHOCK ABSORBER (HMERSA) DENGAN SINGLE INPUT DAN SINGLE OUTPUT

Herri Darsan¹⁾, Rouhillah²⁾

^{1,2} Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Aceh

^{1,2} Jl. Politeknik Aceh. Pango Raya, Banda Aceh 23119

¹herri@politeknikaceh.ac.id, ²rouhillah@politeknikaceh.ac.id.

ABSTRACK

The development of Hydroulic Regenerative Shock Absorber starts with presenting theories that work, and simulates them with numerical computing software to becompare with conventional shock absorber systems. The generation energy of the regenerative suspension system is only effective for high amplitude. When the amplitude is low, the generation energy will decrease as a result of bidirectional rotation and inertial losses. The greater the generator rotation, the higher current, and power generation. In the HMERSA fluid flow simulation 1 input and single output using the Fluid SIM software. the input given is 3 Hz on the hydraulic cylinder that is on the 4-wheel vehicle. The simulation was done by changing the hydraulic circuit and adding a check valve mechanism so that the rotation of the hydraulic motor becomes unidirectional. In this simulation there is no generator component because in the Fluidsim software does not provide these components in the simulation. The simulation using the Fluidsim software is intended to find out whether the hydraulic circuit that has been designed runs well marked by the rotation of the one-way hydraulic motor rotation. The design design of HMERSA with 1 input 1 output can run well marked from the rotation of the hydraulic motor into one direction when the conditions are expansion or compression. The torque value that occurs during an expansion condition is 1.1 Nm, while for the torque value that occurs when the compression condition is 1.6 Nm. The power generated from the hydraulic motor when the expansion condition is 1.6 Watt. Whereas when the compression condition of the power of the hydraulic motor that can be produced is 4 Watt.

Keywords: Hidroulic, Regenerative, Shock Absorber, Numerik, inertia

ABSTRAK

Perkembangan tentang *Hydroulic Regenerative Shock Absorber* dimulai dengan mempresentasikan teori yang bekerja, dan mensimulasikannya dengan *software* komputasi numerik untuk dibandingkan dengan sistem *shock absorber* konvensional. Energi bangkitan dari hasil sistem suspensi *regenerative* tersebut hanya efektif untuk amplitudo tinggi. Pada saat amplitudo rendah, energi bangkitan akan turun sebagai akibat *bidirectional rotation* dan *inertial losses*. Semakin besar putaran generator akan menghasilkan arus, *voltase*, dan daya bangkitan yang besar pula. Pada simulasi aliran fluida HMERSA 1 *input* dan *single output* menggunakan *software Fluid SIM*. *input* yang diberikan 3 Hz pada selinder hidrolik yang ada pada kendaraan roda 4. Simulasi yang dilakukan adalah dengan perubahan rangkaian hidrolik dan penambahan mekanisme *check valve* agar putaran motor hidrolik menjadi searah, pada simulasi ini tidak tanpa ada komponen generator karena pada *software Fluidsim* tidak menyediakan komponen tersebut pada simulasinya. Simulasi menggunakan *software Fluidsim* ini ditujukan untuk mengetahui apakah rangkaian hidrolik yang telah dirancang berjalan dengan

baik ditandai dengan berputarnya motor hidrolik satu arah putarannya. Rancangan desain dari HMERSA dengan 1 *input* 1 *output* dapat berjalan dengan baik ditandai dari putaran motor hidrolik menjadi satu arah ketika kondisi ekspansi maupun kompresi. Nilai torsi yang terjadi saat kondisi ekspansi yaitu 1,1 Nm, sedangkan untuk nilai torsi yang terjadi saat kondisi kompresi yaitu 1,6 Nm. Daya yang dihasilkan dari motor hidrolik saat kondisi ekspansi adalah 1.6 Watt. Sedangkan pada saat kondisi kompresi daya dari motor hidrolik yang dapat dihasilkan sebesar 4 Watt.

Kata kunci: *Hidrolik, Regenerative, Shock Absorber, Numerik, inertia*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan tentang *Hydraulic Regenerative Shock Absorber* dimulai dengan mempresentasikan teori yang bekerja, dan mensimulasikannya dengan *software* komputasi numerik untuk dibandingkan dengan sistem *shock absorber* konvensional[1]. Dari simulasi yang dihasilkan, *shock absorber* tipe tersebut memiliki gaya redam lebih baik dibandingkan *shock absorber* tipe konvensional. Di sisi lain, fabrikasi pada *regenerative shock absorber* oleh Li dan Tse[2]. Energi bangkitan dari hasil sistem suspensi *regenerative* tersebut hanya efektif untuk amplitudo tinggi. Pada saat amplitudo rendah, energi bangkitan akan turun sebagai akibat *bidirectional rotation* dan *inertial losses*. Maravandi dan Moallem[3]. *Regenerative Shock Absorber* menggunakan mekanisme dua *leg* gerak konversi, Penelitian ini menyajikan pengembangan regeneratif baru *shock absorber* ukuran untuk suspensi mobil. sistem ini terdiri dari mekanisme dua *leg* gerak konversi, *gearhead*, dan *brushless* sebuah magnet permanen mesin *rotary* menggunakan mekanisme dua *leg* gerak konversi gerak translasi karena permukaan jalan kekasaran ke dalam gerakan berputar

Untuk meningkatkan daya bangkitan, gerakan dua arah (saat kompresi dan ekspansi) pada *shock absorber* harus diubah menjadi searah (*unidirectional motion*) sebelum memasuki generator Li dkk[4]. Oleh karena itu beberapa peneliti mengaplikasikan penyearah aliran hidrolik (*hydraulic rectifier*) untuk dipasang pada *hydraulic motor regenerative shock absorber* yang memanfaatkan 4 buah katup searah (*check*

valve) untuk menyearahkan putaran motor hidrolik Zhang [5]. Gambar 2.1 merupakan salah satu contoh sistem suspensi *regenerative* menggunakan motor hidrolik dengan *hydraulic rectifier*. *Unidirectional rotation* tersebut menghasilkan respon yang bagus pada energi bangkitan dibandingkan dengan *bidirectional rotation*. Tetapi, *efisiensi hydraulic rectifier* semakin menurun seiring meningkatnya eksitasi pada frekuensi tinggi. Hal ini dikarenakan keterlambatan pada saat proses buka – tutup *check valve*. Selain itu, masih terjadi *backlash* akibat dari fluktuasi tekanan pada kedua *chamber* silinder hidrolik.



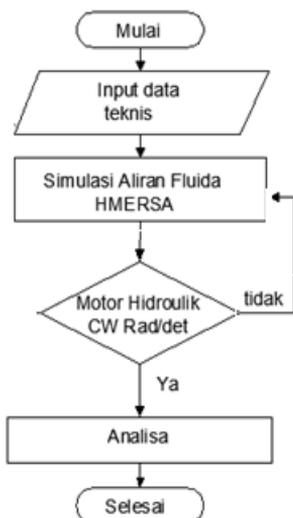
Gambar 1. *Prototype hydraulic transmission electromagnetic dengan hydraulic rectifier* [5]

Pada tahun 2015 Syuhri [6] perubahan redaman mekanik dan redaman elektrik terhadap redaman total dan daya listrik bangkitan pada *hydraulic regenerative suspension*. *Prototype HRSA* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.2. Untuk mengetahui karakteristik dari HRSA tersebut, terlebih dahulu dilakukan pemodelan terhadap *hydraulic regenerative shock absorber* (HRSA) dilakukan simulasi dengan variasi rasio diameter silinder dengan *orifice*, *gear ratio*, penggunaan *accumulator*, viskositas

oli, SOC aki, dan daya generator. terdapat empat perbedaan tekanan yang nantinya menghasilkan gaya redam. Gaya redam yang dihasilkan oleh perbedaan luas penampang akibat silinder hidrolik dan katup (*check valve*). semakin besar putaran generator akan menghasilkan arus, *voltase*, dan daya bangkitan yang besar pula. Validasi dengan cara menguji *prototype* yang telah dikembangkan sebelumnya pada *quarter car suspension test rig* kemudian mensimulasikan karakteristik dinamis dan daya listrik bangkitan pada *hydraulic regenerative shock absorber* (HRSA) sebelum dan sesudah diaplikasikan pada model seperempat kendaraan.

II. METODE PENELITIAN

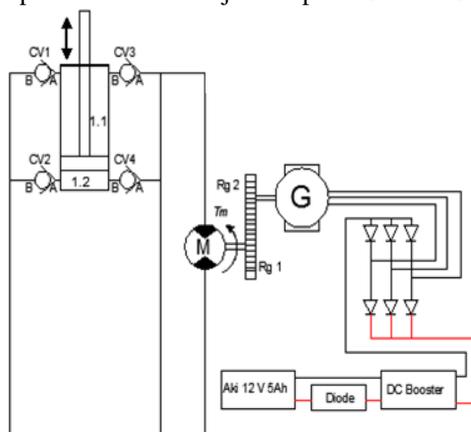
Pada simulasi aliran fluida HMERSA 1 *input* dan *single output* menggunakan *software Fluid SIM*. *input* yang diberikan pada selinder hidrolik yang ada pada kendaraan roda 4 yang terletak pada bagian belakang. Gambar 2 menunjukkan Diagram alir untuk langkah penelitian simulasi aliran fluida HMERSA.



Gambar 2. Flowchart Simulasi aliran fluida HMERSA

1. Model HMERSA

Model HMERSA yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan Gambar : 1. Silinder Hidrolik, 2. Cv1, Cv2, Cv3, Cv4 Check valve, 3. M Motor Hidrolik, 4. R1, R2 Roda Gigi, 5. G Generator, 6. R Rectifier, 7. DC Booster, 8. Diode, 9. Aki 12V 5Ah.

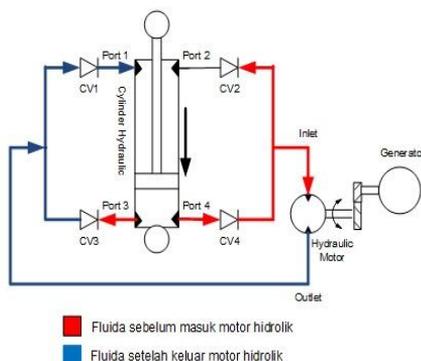
Gambar 3. Desain Konsep HMERSA dengan 1 *input* dan *single output*.

Simulasi yang dilakukan pada aliran fluida menggunakan *software Fluid SIM* *input* yang diberikan pada selinder hidrolik yang ada pada kendaraan roda 4 yang terletak pada bagian belakang. Simulasi yang dilakukan adalah dengan perubahan rangkaian hidrolik dan penambahan mekanisme *check valves* agar putaran motor hidrolik menjadi searah sehingga mengurangi *losses* akibat putaran yang tidak searah. Adapun komponen lain yang digunakan pada HMERSA ini adalah motor hidrolik. Motor hidrolik yang digunakan adalah tipe BMM 8. Perbandingan roda gigi adalah 2.65, dengan diameter roda gigi pada motor hidrolik 115.6 mm dan roda gigi pada generator 43.6

2. Cara Kerja HMERSA

Cara kerja HMERSA adalah Pada saat piston bergerak kebawah, maka fluida yang terdapat pada silinder hidrolik keluar melalui port 3 dan port 4 menuju *check valve* CV3 dan CV4. Aliran fluida tertahan pada CV3

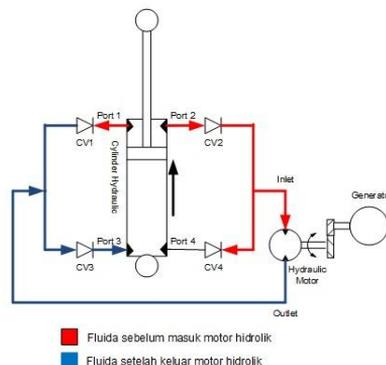
karena efek dari *check valve* tersebut, maka aliran fluida mengalir melalui CV4 lalu masuk ke inlet motor hidrolis. Sebagian fluida mengalir ke CV2 akan tetapi tertahan pada CV2 karena efek *check valve*. Aliran fluida yang masuk ke motor hidrolis menyebabkan motor hidrolis berputar dan putaran tersebut diteruskan ke generator melalui mekanisme pasangan roda gigi. Selanjutnya, aliran fluida keluar melalui outlet motor hidrolis menuju CV1 dan CV3. Aliran fluida tidak dapat mengalir melalui CV3 karena tertahan oleh fluida yang tekanannya lebih besar yang berasal dari port 3 silinder hidrolis. Sehingga fluida mengalir ke CV1 menuju port 1 silinder hidrolis.



Gambar 4. Aliran fluida saat piston bergerak kebawah.

Pada saat piston bergerak keatas, maka fluida yang terdapat pada silinder hidrolis keluar melalui port 1 dan port 2 menuju *check valve* CV1 dan CV2. Aliran fluida tertahan pada CV1 karena efek dari *check valve* tersebut, maka aliran fluida mengalir melalui CV2 lalu masuk ke inlet motor hidrolis. Sebagian fluida mengalir ke CV4 akan tetapi tertahan pada CV4 karena efek *check valve*. Aliran fluida yang masuk ke motor hidrolis menyebabkan motor hidrolis berputar dan putaran tersebut diteruskan ke generator melalui mekanisme pasangan roda gigi. Selanjutnya aliran fluida keluar melalui outlet motor hidrolis menuju CV1 dan CV3. Aliran fluida tidak dapat mengalir melalui CV1 karena tertahan oleh fluida yang tekanannya lebih besar yang berasal dari port

1 silinder hidrolis. Sehingga fluida mengalir ke CV3 menuju port 3 silinder hidrolis.



Gambar 5. Aliran fluida saat piston bergerak keatas

3. Input Parameter HMERSA

Input parameter HMERSA yang digunakan pada penelitian ini secara umum, HMERSA terdiri dari silinder hidrolis, *check valve*, motor hidrolis (M), roda gigi dan generator (G) beserta beban elektrik. Untuk data spesifikasi dari HMERSA ditunjukkan pada tabel 3.1. Data – data tersebut nantinya digunakan sebagai input parameter simulasi.

Tabel 1. Data spesifikasi HMERSA

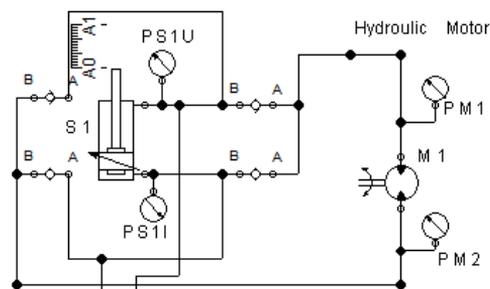
Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Silinder Hidrolis dan Pipa			
Dia. bore piston	D_b	32	cm
Dia. rod piston	D_r	18	cm
Dia. <i>check valve</i>	D_{cv}	3/8	Inch
Dia. pipa	D_p	3/8	Inch
Motor Hidrolis (BMM-8)			
Displacement	q	8,2	cc/rev
Efisiensi mekanis	η_m		
Efisiensi volumetris	η_v		
Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Silinder Hidrolis dan Pipa			
Panjang pipa total	L		m
Konstanta <i>head loss minor</i>	k		
Roda Gigi			
Diameter roda gigi 1	D_{RGI}	115	mm
Massa roda gigi 1	m_{rg1}	0,34 29	kg

Diameter roda gigi 2	D_{RG2}	45	mm
Massa roda gigi 2	m_{rg2}	0,05 82	kg
Generator			
Konstanta torsi elektrik	C_{Te}		N.m.s/rad
Konstanta voltase	α		V.s/rad
Konstanta Arus	β		A.s/rad

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Simulasi pada software Fluidsim

Simulasi menggunakan *software* Fluidsim Didactic Festo menggunakan desain rancangan HMERSA dengan 1 *input* dan 1 *output* tanpa ada komponen generator karena pada *software* Fluidsim tidak menyediakan komponen tersebut pada simulasinya. Simulasi menggunakan *software* Fluidsim ini ditujukan untuk mengetahui apakah rangkaian hidrolik yang telah dirancang berjalan dengan baik ditandai dengan berputarnya motor hidrolik satu arah putarannya. Berikut ini pada Gambar 6. adalah desain rancangan rangkaian hidrolik untuk HMERSA dengan 1 *input* dan 1 *output*.

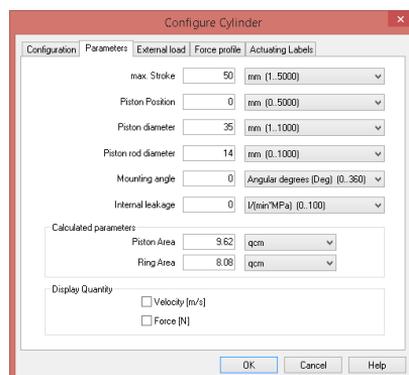


Gambar 6. Rangkaian hidrolik HMERSA 1 *input* dan 1 *output*

Dari rancangan rangkaian simulasi *software* Fluidsim untuk dilakukan pengujian apakah rancangan rangkaian hidrolik tersebut dapat berfungsi dengan baik dan bisa membuat putaran dari motor hidrolik menjadi satu arah. Untuk itu digunakan komponen hidrolik yaitu *check valve* atau katub searah untuk membuat aliran dari

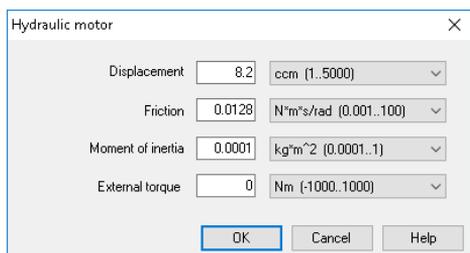
fluida atau oli menjadi searah untuk menuju ke motor hidrolik. Silinder hidrolik mewakili *shock absorber* pada kendaraan yang nanti akan dibuat dan dipasang pada kendaraan. *Check valve* digunakan untuk menyearahkan laju pergerakan fluida sesuai dengan rangkaian yang telah dirancang. Motor hidrolik sebagai penerima dari pergerakan fluida oli yang ditandai dengan berputarnya poros pada motor dan berputar dalam satu arah.

Untuk melakukan pengujian pada rangkaian hidrolik di *software* Fluidsim juga diperlukan parameter-parameter untuk mewakili kondisi yang sebenarnya pada sistem nanti. Berikut pada Gambar 7. parameter yang digunakan pada *software* Fluidsim. Pada Gambar 7. terdapat parameter untuk diameter silinder, diameter rod silinder, panjang stroke silinder, dan posisi silinder hidrolik. Untuk diameter dari silinder, diameter rod silinder dan panjang stroke menggunakan referensi dari *shock absorber* sebenarnya pada kendaraan roda 4 yang nanti akan digunakan untuk pengujian eksperimen dan pembuatan *prototype shock absorber*. Kemudian pada Gambar 7 terdapat parameter untuk batas pergerakan dari silinder hidrolik atau bisa juga disebut sebagai parameter amplitudo yang bisa diatur, untuk kondisi ini batas pergerakannya adalah 50 mm



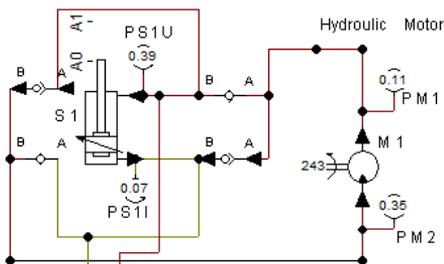
Gambar 7. Parameter silinder hidrolik

Pada Gambar 8 adalah parameter untuk motor hidrolis yang digunakan dalam simulasi. Dalam menentukan hasil dari simulasi ini menggunakan arah panah yang terdapat pada rangkaian hidrolis pada *software* tersebut ketika simulasi dijalankan. Arah panah pada rangkaian tersebut merupakan arah dari aliran fluida bergerak dari silinder hidrolis menuju ke selang atau titik selanjutnya hingga sampai pada motor hidrolis dan kembali lagi menuju silinder hidrolis. Berikut ini adalah hasil yang didapatkan.



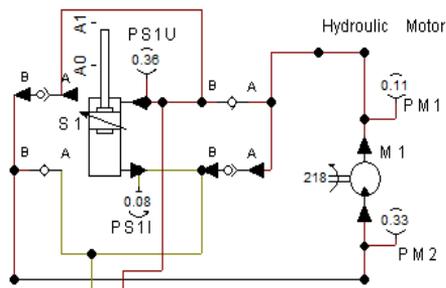
Gambar 8. Parameter motor hidrolis

Hasil dari simulasi ini adalah pergerakan arah dari motor hidrolis baik saat kondisi kompresi maupun ekspansi. *P inlet* adalah tekanan yang masuk pada motor hidrolis, sedangkan *P outlet* adalah tekanan yang keluar dari motor hidrolis. Dari tekanan inilah akan dihasilkan putaran dari motor hidrolis dan bisa dilihat arah dari putarannya dengan bantuan arah panah pada saat simulasi dijalankan. Berikut pada Gambar 9 adalah arah pergerakan dari motor hidrolis saat terjadi kondisi kompresi, sedangkan pada Gambar 9 adalah arah dari pergerakan motor hidrolis saat terjadi kondisi ekspansi.



Gambar 9. Silinder hidrolis saat kompresi

Pada saat terjadi kompresi, fluida bergerak dari silinder kiri bagian bawah karena mendapat tekanan menuju selang hidrolis dan sampai ke *PinletHM* motor hidrolis. Lalu keluar dari *PoutletHM* menuju kembali ke silinder hidrolis kiri bagian atas. Begitu juga yang terjadi pada silinder hidrolis sebelah kanan. Dari Gambar 9 dan Gambar 10 bisa dilihat arah dari pergerakan laju fluida pada motor hidrolis sudah bisa satu arah ditandai dengan arah panah berwarna hitam kecil pada kedua selang atau saluran yang menuju ke motor hidrolis maupun yang keluar dari motor hidrolis menunjuk pada satu arah baik pada saat kondisi kompresi maupun ekspansi. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa rancangan dari rangkaian hidrolis untuk HMERSA dengan 1 *input* dan 1 *output* telah berhasil dan bisa untuk dibuat *prototype* rangkaian hidrolisnya.

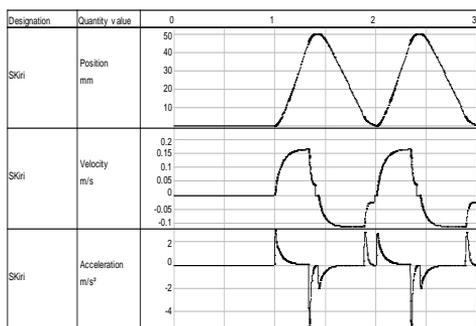


Gambar 10. Silinder hidrolis Saat ekspansi

2. Skema simulasi konsep 1 input 1 output.

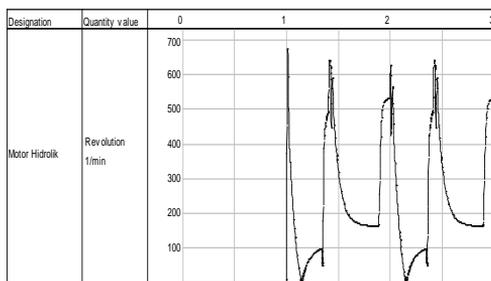
Simulasi yang dilakukan adalah pergerakan dari silinder berawal dari kondisi ekspansi karena piston silinder hidrolis berada di bawah. Kemudian berubah menjadi kondisi kompresi secara otomatis jika sudah mencapai batas pergerakan silinder yaitu pada nilai 50 mm. Dari hasil simulasi ini dapat diketahui nilai putaran dari kecepatan motor hidrolis, tekanan yang masuk pada motor hidrolis melalui *PinletMotor Hidrolis* pada rangkaian simulasi tersebut. Dengan demikian dapat diketahui nilai dari torsi motor hidrolis juga daya yang bisa

dihasilkan motor hidrolik. Berikut ini adalah hasil dari simulasi tersebut menggunakan Fluidsim.



Gambar 11. Grafik silinder hidrolik

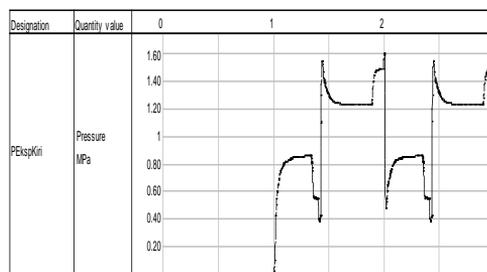
Pada Gambar 11 menunjukkan data pergerakan dari silinder hidrolik yang dimulai pada detik ke 1 hingga detik ke 3 dengan eksitasi yang diberikan sebesar 50 mm. Dari pergerakan silinder hidrolik dapat mengakibatkan terjadinya putaran pada motor hidrolik akibat pergerakan aliran fluida yang menuju ke *Pressure inlet* motor hidrolik. Serta nilai *velocity* tertinggi berada pada kisaran 0.17 m/s terendah pada kisaran -0.13 m/s dan *Acceleration* pada selinder hidolik tertinggi berada pada 2.5 m/s² dan terendah pada -5.7 m/s². Berikut pada Gambar 12 adalah data putaran motor hidrolik akibat dari pergerakan salah satu silinder hidrolik.



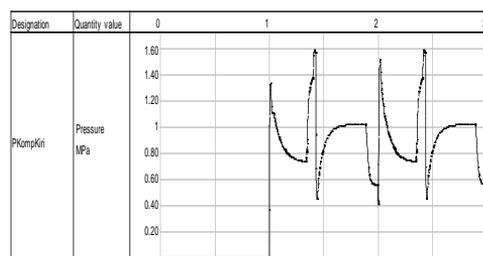
Gambar 12. Grafik kecepatan motor hidrolik

Data keluarnya kecepatan motor hidrolik diawali ketika kondisi silinder hidrolik ekspansi yaitu bergerak menekan ke atas. Jika dilihat dari grafik pada Gambar 12 nilai kecepatan yang cukup stabil saat kondisi ekspansi berada pada kisaran nilai 90 rpm. Sedangkan untuk kondisi ketika silinder

hidrolik kompresi menekan ke bawah, nilai kecepatan motor hidrolik berada pada kisaran 160 rpm. Data kecepatan motor hidrolik ini nantinya akan digunakan untuk mencari nilai dari *mechanical power* dari motor hidrolik. Tekanan yang masuk dan keluar pada silinder hidrolik ketika kondisi ekspansi maupun kompresi juga bisa diketahui dengan komponen manometer yang tersedia di simulasi *software* Fluidsim. Manometer tersebut ditempatkan di jalur masuk dan keluarnya rangkaian silinder hidrolik yang terhubung dengan selang hidrolik. Berikut ini adalah grafik data yang dihasilkan oleh silinder hidrolik selama 3 detik.



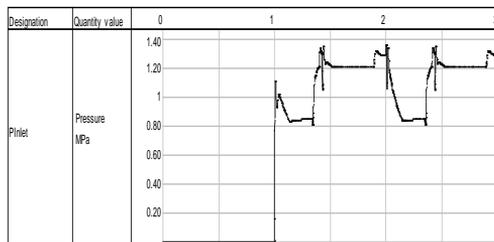
Gambar 13. Grafik tekanan silinder hidrolik saat ekspansi



Gambar 14. Grafik tekanan silinder hidrolik saat kompresi

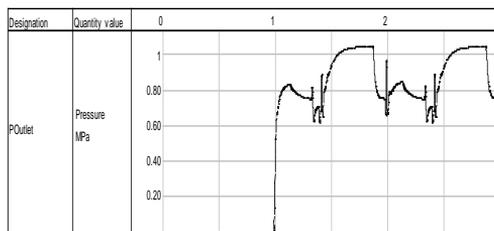
Berdasarkan grafik dari Gambar 13 dan 14 tekanan pertama kali yang terjadi pada silinder hidrolik diakibatkan kondisi ekspansi ketika silinder hidrolik kiri bergerak menekan ke atas. Kemudian dilanjutkan kondisi silinder hidrolik kiri bergerak turun yaitu kompresi. Nilai dari tekanan saat kondisi ekspansi pada manometer silinder hidrolik berada pada kisaran nilai 0.86 MPa. Sedangkan nilai saat kondisi kompresi berada pada nilai tekanan kisaran 0.74 MPa. Ketika kondisi kompresi nilai tekanan fluida pada silinder hidrolik pada kisaran nilai 1.23 MPa, dan pada kondisi Ekspansi nilai

tekanan fluida berada pada kisaran nilai 1.02 MPa.



Gambar 15. Grafik tekanan masuk motor hidrolik

Tekanan fluida yang masuk pada motor hidrolik dan juga pada saat keluar dari motor hidrolik juga dapat dilihat. Berikut pada Gambar 15 dan 16 adalah grafik dari tekanan saat memasuki motor hidrolik dan pada saat keluar ketika terjadi kondisi ekspansi dan kompresi. Seperti grafik pada gambar-gambar sebelumnya nilai tekanan yang keluar diakibatkan oleh kondisi ekspansi terlebih dahulu kemudian baru kompresi. Pada grafik Gambar 4.15 nilai tekanan saat kondisi ekspansi di pintu masuk motor hidrolik berada pada nilai tekanan 0.85 MPa, sedangkan pada pintu keluar berada pada nilai tekanan 0.75 MPa. Ketika terjadi kondisi kompresi terjadi perubahan nilai tekanan pada pintu masuk motor hidrolik yaitu pada nilai tekanan 1.2 MPa, sedangkan nilai tekanan yang keluar dari pintu motor hidrolik berada pada nilai tekanan 1.04 MPa. Jika melihat dari grafik dan data yang terjadi ketika kondisi ekspansi dan kompresi, nilai tekanan yang lebih besar terjadi ketika kondisi kompresi pada nilai tekanan 1.2 MPa sedangkan saat terjadi kondisi ekspansi hanya menghasilkan nilai tekanan 0.85 MPa.



Gambar 16. Grafik tekanan keluar motor hidrolik

Data dari hasil simulasi pada nilai tekanan masuk motor hidrolik *PinletHM* akan digunakan untuk perhitungan dalam

mencari nilai torsi motor hidrolik sesuai dengan rumus dalam mencari torsi berikut :

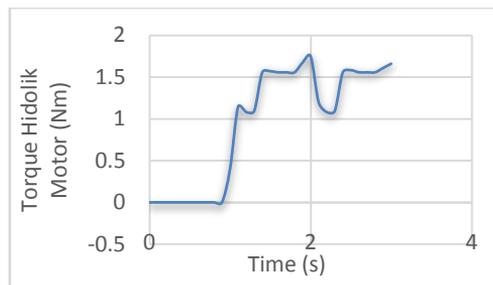
$$T = \frac{p \times d}{2 \times \pi} \quad (1)$$

Dimana :

T = Torsi motor hidrolik (Nm)

p = tekanan masuk pada motor hidrolik (MPa)

d = Displacement motor hidrolik cc/rev



Gambar 17. Grafik torsi motor hidrolik

Data nilai tekanan yang masuk pada motor hidrolik dapat dilihat pada Gambar 15. Untuk mendapatkan nilai dari torsi motor hidrolik digunakan bantuan *software* Microsoft Excel dalam pengolahan datanya. Berikut pada Gambar 17 adalah grafik dari nilai torsi motor hidrolik. Berdasarkan grafik pada Gambar 17 tersebut dapat diketahui nilai terbesar dan juga yang terendah. Nilai torsi yang terjadi saat kondisi ekspansi yaitu pada nilai torsi 1.1 Nm, sedangkan untuk nilai torsi yang terjadi saat kondisi kompresi pada nilai torsi 1.6 Nm. Setelah diketahui nilai torsi dari motor hidrolik, dapat dilakukan pencarian untuk nilai dari daya motor hidrolik dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

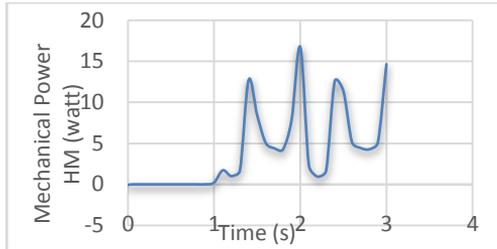
$$P = T \times v \quad (2)$$

Dimana :

P = Daya motor hidrolik (Watt)

T = torsi motor hidrolik (Nm)

v = kecepatan sudut motor hidrolik (rpm)



Gambar 18. Grafik *mechanical power* motor hidrolis

Untuk menghasilkan nilai dari daya motor hidrolis juga digunakan *software* Microsoft Excel dalam pengolahan datanya. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada grafik Gambar 18. Dalam grafik pada Gambar 18 dapat diketahui nilai dari daya motor hidrolis pada kondisi ekspansi lebih kecil dari pada kondisi kompresi. Daya dari motor hidrolis yang dapat dihasilkan saat kondisi ekspansi adalah 1.6 Watt, dan pada saat kondisi kompresi daya dari motor hidrolis yang dapat dihasilkan sebesar 4 Watt

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Shock Absorber (HMERSA) dengan *single input* dan *single output* didapatkan beberapa kesimpulan dalam penelitian ini:

1. Rancangan desain dari HMERSA dengan 1 *input* 1 *output* dapat berjalan dengan baik ditandai dari putaran motor hidrolis menjadi satu arah ketika kondisi ekspansi maupun kompresi.
2. Rancang Bangun HMERSA dengan 1 *input* 1 *output*. Nilai torsi yang terjadi saat kondisi ekspansi yaitu pada nilai torsi 1.1 Nm, sedangkan untuk nilai torsi yang terjadi saat kondisi kompresi pada nilai torsi 1.6 Nm
3. Rancangan bangun dari HMERSA dengan 1 *input* 1 *output* dapat berjalan dengan baik yang menghasilkan data Daya dari motor hidrolis yang dapat dihasilkan saat kondisi ekspansi adalah 1.6 Watt. Sedangkan pada saat kondisi kompresi daya dari motor hidrolis yang dapat dihasilkan sebesar 4 Watt.

2. Saran

Setelah melakukan penelitian dan simulasi aliran fluida pada sistem hydro – Magneto – *Electric Regenerative Shock Absorber* (HMERSA) dengan *single input* dan *single output*, terdapat beberapa saran yang bisa dijadikan pertimbangan dan masukan untuk pengembangan dari sistem *shock absorber* jenis hidrolis ini kedepannya.

1. Untuk meningkatkan hasil simulasi yang maksimal lebih baik menggunakan lebih dari 1 *shock Absorber*.
2. Perlunya simulasi *software* simulasi Numerik untuk perbandingan hasil
3. Perlunya beberapa variasi inputan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang Y., Zhang X., Zhan M., Gup K., Zhao F., dan Liu Z. (2014), Study of a Novel Hydraulic Pumping Regenerative Suspension for Vehicles, *Journal of The Franklin Institute*
- [2] Maravandi, A., dan Moallem, M. (2015) *Regenerative Shock Absorber Using a Two-Leg Motion Conversion Mechanism* IEEE/ASME transactions on mechatronics, vol. 20, no. 6
- [3] Li C., Zhu R., Liang M., dan Yang S. (2014), Integration of Shock Absorption and Energy Harvesting using a Hydraulic Rectifier, *Journal of Sound and Vibration* Vol. 333, pp 3904 – 3916
- [4] Fang Z., Guo X., Xu L., dan Han Z. (2013), An Optimal Algorithm for Energy Recovery of Hydraulic Electromagnetic Energy – Regenerative Shock Absorber, *Applied Mathematics & Information Sciences*, Vol 7, No. 6, pp 2207 – 2214.
- [5] Syuhri, S. (2015) Studi pengaruh perubahan redaman mekanik dan redaman elektrik terhadap redaman total dan daya listrik bangkitan pada hydraulic regenerative suspension. Thesis, *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Surabaya
- [6] Guntur, H., Hendrowati, W., Lubis, R. (2013) *Development and Analysis of a Regenerative Shock Absorber for Vehicle Suspension*. *JSME Journal of System Design & Dynamics*. Vol 7, No. 3 304-315
- [7] Software FluidSIM. Hydraulics Festo Didactic