

MODIFIKASI SERTA PENGUJIAN SISTEM *CONTROL* DAN SISTEM *SWING* MODEL EXCAVATOR

Anang Suhandi¹, Nazaruddin²

Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹anang.suhandi@yahoo.co.id, ²nazaruddin.unri@yahoo.com

Abstract

One of the heavy equipment that play role in development projects is the excavator. Excavator can perform construction work such as digging, breaking, loading and so on. Laboratory of Hydraulics and Pneumatics Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Riau has produced a model excavator using pneumatic system, support on a controller box, equipped with buttons setting and motion rotary swing 120°. The research has modifications control system, remove control box under the excavator and change to the remote system. Motion rotary swing system has changed from 120° to 360°. The purpose is all movements similar in general excavator. The result, excavator model using power 12V DC the control system and compressed air drive pneumatic system. The results of testing control system work to properly, the rotary motion of the swing system 360° and use electrical voltage 7,5V will have speed 13,598 rpm, so swing motion from the excavator model similar in general.

Kata kunci : *control, excavator, remote, swing*

1. Pendahuluan

Berbagai aktifitas alat berat ketika suatu proyek pembangunan dilakukan, baik itu transportasi jalan, jembatan, bandara, bangunan air, waduk, bendungan, pelabuhan, dan bangunan gedung bertingkat. Alat berat di dalam suatu proyek bangunan memiliki peran yang sangat penting dalam hal keberlangsungan proyek tersebut [2].

Pada umumnya *excavator* mempunyai mesin untuk menggerakkan seluruh komponennya, memanfaatkan sistem hidrolik, *fluida* bertekanan yang dialirkan ke *actuator* untuk menggerakkan lengan-lengan seperti *boom*, *stick* dan *bucket*, seiring berkembangnya teknologi maka di temukan sistem pergerakan *excavator* untuk berpindah menggunakan motor hidrolik pada roda rantainya [9].

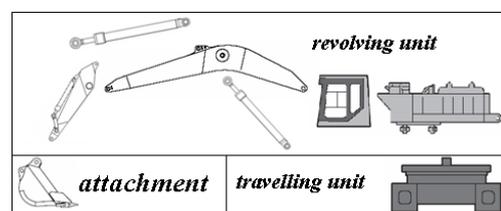
Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau telah menghasilkan sebuah model *excavator* (Julianto, 2004) menggunakan sistem pneumatik, memanfaatkan udara bertekanan untuk bergerak dan berputar. Geraknya masih sebatas pada gerakan lengan dan putaran *swing* maksimum 120°. Semua pergerakan dari model *excavator* dikontrol oleh tombol-tombol pengontrol yang ada pada *excavator* tersebut. Ada dua cara untuk menggerakkan *excavator* ini. Cara pertama *excavator* bergerak *single cycle* dimana, operator hanya menekan satu tombol maka *excavator* menggerakkan seluruh komponen lengannya agar dapat memuat (*dumptruck loading*), bergerak *swing* 120° dan kembali bergerak (*dumptruck loading*) untuk membuang. Cara kedua *excavator* digerak manual oleh operator, dengan menekan tombol-tombol pengarah yang tersedia pada panel kontrolnya. Sistem kontrol dikemas dalam

sebuah kotak yang besarnya dua kali lebih besar dari badannya, kotak yang berisi sistem kontrol ini diletakkan di bawah badannya. Kotak ini juga berfungsi sebagai tempat bertumpunya seluruh komponen *excavator*.

2. Teori

2.1 Pengertian *Excavator*

Excavator adalah sebuah jenis alat berat yang terdiri dari mesin di atas roda khusus yang dilengkapi dengan lengan (*arm*) dan alat pengeruk (*bucket*) yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan berat berupa penggalian tanah yang tidak bisa dilakukan secara langsung oleh tangan manusia agar menjadi lebih ringan dan dapat mempercepat waktu pengerjaan. *Excavator* terdiri dari *travelling unit*, *revolving unit* dan *attachment* [1]. Bagian-bagian *excavator* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagian-bagian *excavator*

2.2 Pneumatik

Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *pneuma* yang berarti napas atau udara. Pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari teknik pemakaian udara bertekanan atau udara kempa [5].

2.3 Daya Listrik

Daya listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu [13]

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Dimana:

$$V = \text{Voltage, volt (V)}$$

$$P = \text{Power (Watt)}$$

$$I = \text{Current, ampere (A)}$$

Arus listrik ada dua tipe yaitu arus searah atau DC (*direct current*) dan arus bolak balik atau AC (*alternating current*) [7].

2.3.1 Listrik DC

Definisi arus searah (DC) adalah arus listrik yang arahnya selalu tetap terhadap waktu. Arus listrik ini bergerak dari kutub yang selalu sama, yaitu dari kutub positif ke kutub negatif [14].

2.3.2 Motor Listrik DC

Motor listrik merupakan sebuah perangkat *electromagnetics* yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk menggerakkan poros agar berputar [14].

Pengaturan kecepatan memegang peranan penting dalam motor arus searah [6], untuk motor searah berlaku hubungan berikut: SF

$$V_t = E_a + I_a R_a \quad (2.2)$$

$$E_a = Cn\Phi \quad (2.3)$$

$$\omega = \frac{V_t - I_a R_a}{C\Phi} \quad (2.4)$$

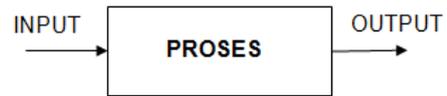
$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.5)$$

Dimana:

- V_a = Tegangan masuk motor, *Volt (V)*
- R_a = hambatan jangkar motor, *Ohm (Ω)*
- I_a = Arus jangkar, *Ampere (A)*
- E_a = Daya listrik (Watt)
- Φ = Flux magnetik (weber)
- ω = Putaran (rad/s)
- C = *Constanta*
- n = Putaran (rpm)

2.4 Sistem Kontrol

Secara umum sistem pengendalian atau sistem kontrol adalah susunan komponen-komponen fisik yang dirakit sedemikian rupa sehingga mampu mengatur sistemnya sendiri atau sistem diluarnya [12].



Gambar 2.2 Sistem Kontrol

2.4.1 Kontrol ON-OFF

Karakteristik kontroler *on-off* ini hanya bekerja pada 2 posisi, yaitu *on* dan *off*. Kerja kontroler *on-off* banyak digunakan pada aksi pengontrolan yang sederhana karena harganya murah [4].

2.5 Rantai

Rantai terdiri dari sejumlah *link* kaku yang berengsel dan di sambung oleh pin untuk memberikan fleksibilitas yang diperlukan. Rantai digunakan untuk mentransmisikan daya antara dua poros Rantai mengait pada gigi sproket dan meneruskan daya tanpa slip. Ada dua jenis rantai yang biasa digunakan pada umumnya yaitu rantai rol dan rantai gigi [10].

2.5.1 Pemilihan rantai rol

Dalam pemilihan rantai perlu dihitung daya yang akan ditransmisikan menggunakan persamaan 2.6

$$HP_{Design} = HP \times Service\ Factor \quad (2.6)$$

Dimana:

HP_{Design} = Daya Rencana, (HP)

HP = Daya Motor Penggerak, (HP)

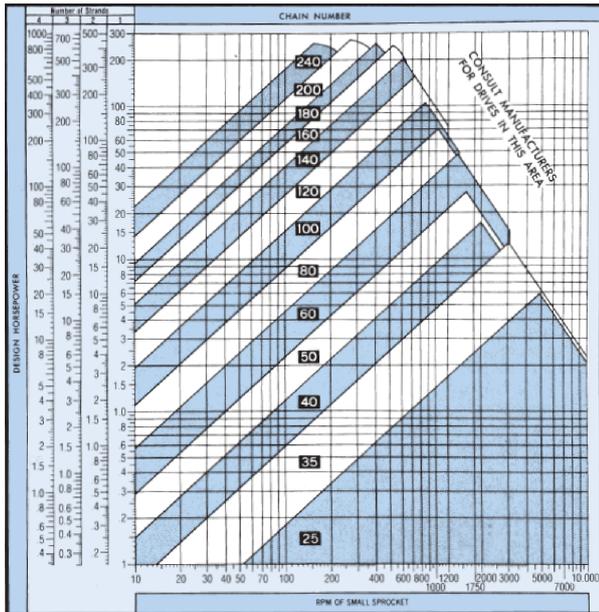
SF = Faktor penggerak

Service factor dapat diperoleh dari tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Service Factor*

Class of Driven Load	Type of Input Power		
	Internal Combustion Engine with Hydraulic Drive	Electric Motor or Turbine	Internal Combustion Engine with Mechanical Drive
Uniform	1	1	1.2
Moderate	1.2	1.3	1.4
Heavy	1.4	1.5	1.7

Gambar 2.3 berikut digunakan untuk menentukan nomor rantai yang dipilih berdasarkan putaran *sprocket* penggerak, daya yang akan ditransmisikan dan jumlah rantai yang digunakan [8].



Gambar 2.3 Quick Selector Chart

Untuk menentukan *number of strand* digunakan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Number of Strand

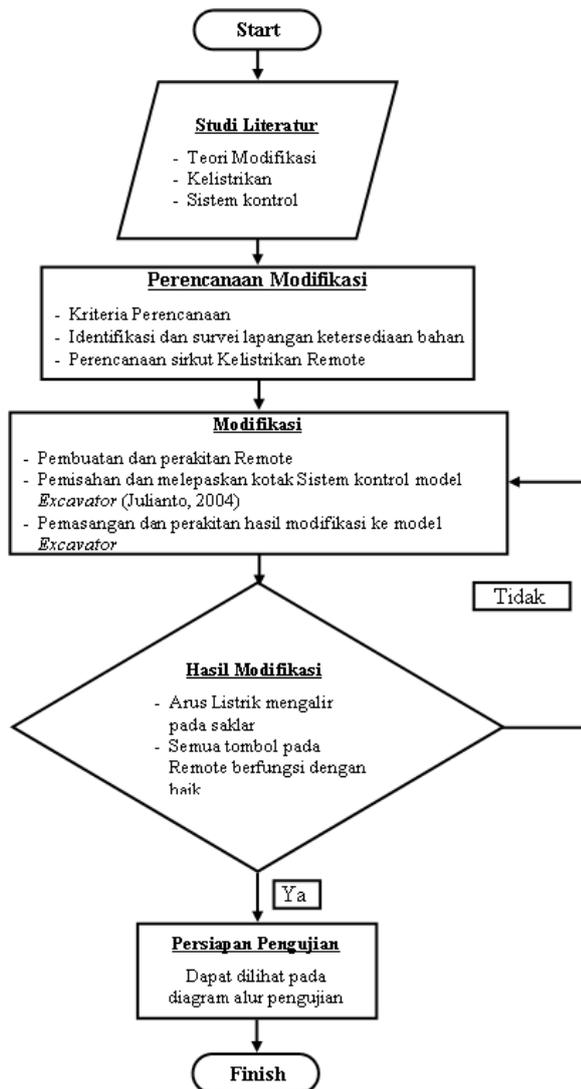
No. of Strands	1	2	3	4	5	6
Factor	1	1.7	2.5	3.3	3.9	4.6

Untuk menentukan spesifikasi Nomor rantai yang terpilih dari gambar 2.4, maka dibutuhkan tabel Standard ASME B29.1M-1993 [3]. Seperti seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Standard ASME B29.1M-1993
HORSEPOWER RATINGS, STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN – NO. 35

No. of Teeth in Small Sprocket	% in. Pitch																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	50	100	200	300	400	500	600	700	800	1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
11	0.10	0.18	0.49	0.77	1.05	1.31	1.70	2.08	2.45	2.82	3.30	3.94	4.61	5.31	6.07	6.97	8.02	9.24	10.63	12.20	13.95	15.88	17.99	20.37	23.02	25.94	29.14	32.61	36.34	40.34	44.61	49.14	53.94	58.99	64.29	69.84	75.64	81.69	87.99	94.54	101.34	108.39	115.69	123.24	130.94	138.79	146.79	154.94	163.24	171.69	180.29	189.04	197.94	206.99	216.19	225.54	235.04	244.69	254.49	264.34	274.24	284.19	294.19	304.24	314.34	324.49	334.69	344.94	355.24	365.59	375.99	386.44	396.94	407.49	418.09	428.74	439.44	450.19	460.99	471.84	482.64	493.49	504.34	515.19	526.09	536.94	547.84	558.79	569.74	580.69	591.64	602.59	613.54	624.49	635.44	646.39	657.34	668.29	679.24	690.19	701.14	712.09	723.04	733.99	744.94	755.89	766.84	777.79	788.74	799.69	810.64	821.59	832.54	843.49	854.44	865.39	876.34	887.29	898.24	909.19	920.14	931.09	942.04	952.99	963.94	974.89	985.84	996.79	1007.74	1018.69	1029.64	1040.59	1051.54	1062.49	1073.44	1084.39	1095.34	1106.29	1117.24	1128.19	1139.14	1150.09	1161.04	1171.99	1182.94	1193.89	1204.84	1215.79	1226.74	1237.69	1248.64	1259.59	1270.54	1281.49	1292.44	1303.39	1314.34	1325.29	1336.24	1347.19	1358.14	1369.09	1380.04	1390.99	1401.94	1412.89	1423.84	1434.79	1445.74	1456.69	1467.64	1478.59	1489.54	1500.49	1511.44	1522.39	1533.34	1544.29	1555.24	1566.19	1577.14	1588.09	1599.04	1610.09	1621.04	1632.09	1643.04	1654.09	1665.04	1676.09	1687.04	1698.09	1709.04	1720.09	1731.04	1742.09	1753.04	1764.09	1775.04	1786.09	1797.04	1808.09	1819.04	1830.09	1841.04	1852.09	1863.04	1874.09	1885.04	1896.09	1907.04	1918.09	1929.04	1940.09	1951.04	1962.09	1973.04	1984.09	1995.04	2006.09	2017.04	2028.09	2039.04	2050.09	2061.04	2072.09	2083.04	2094.09	2105.04	2116.09	2127.04	2138.09	2149.04	2160.09	2171.04	2182.09	2193.04	2204.09	2215.04	2226.09	2237.04	2248.09	2259.04	2270.09	2281.04	2292.09	2303.04	2314.09	2325.04	2336.09	2347.04	2358.09	2369.04	2380.09	2391.04	2402.09	2413.04	2424.09	2435.04	2446.09	2457.04	2468.09	2479.04	2490.09	2501.04	2512.09	2523.04	2534.09	2545.04	2556.09	2567.04	2578.09	2589.04	2600.09	2611.04	2622.09	2633.04	2644.09	2655.04	2666.09	2677.04	2688.09	2699.04	2710.09	2721.04	2732.09	2743.04	2754.09	2765.04	2776.09	2787.04	2798.09	2809.04	2820.09	2831.04	2842.09	2853.04	2864.09	2875.04	2886.09	2897.04	2908.09	2919.04	2930.09	2941.04	2952.09	2963.04	2974.09	2985.04	2996.09	3007.04	3018.09	3029.04	3040.09	3051.04	3062.09	3073.04	3084.09	3095.04	3106.09	3117.04	3128.09	3139.04	3150.09	3161.04	3172.09	3183.04	3194.09	3205.04	3216.09	3227.04	3238.09	3249.04	3260.09	3271.04	3282.09	3293.04	3304.09	3315.04	3326.09	3337.04	3348.09	3359.04	3370.09	3381.04	3392.09	3403.04	3414.09	3425.04	3436.09	3447.04	3458.09	3469.04	3480.09	3491.04	3502.09	3513.04	3524.09	3535.04	3546.09	3557.04	3568.09	3579.04	3590.09	3601.04	3612.09	3623.04	3634.09	3645.04	3656.09	3667.04	3678.09	3689.04	3700.09	3711.04	3722.09	3733.04	3744.09	3755.04	3766.09	3777.04	3788.09	3799.04	3810.09	3821.04	3832.09	3843.04	3854.09	3865.04	3876.09	3887.04	3898.09	3909.04	3920.09	3931.04	3942.09	3953.04	3964.09	3975.04	3986.09	3997.04	4008.09	4019.04	4030.09	4041.04	4052.09	4063.04	4074.09	4085.04	4096.09	4107.04	4118.09	4129.04	4140.09	4151.04	4162.09	4173.04	4184.09	4195.04	4206.09	4217.04	4228.09	4239.04	4250.09	4261.04	4272.09	4283.04	4294.09	4305.04	4316.09	4327.04	4338.09	4349.04	4360.09	4371.04	4382.09	4393.04	4404.09	4415.04	4426.09	4437.04	4448.09	4459.04	4470.09	4481.04	4492.09	4503.04	4514.09	4525.04	4536.09	4547.04	4558.09	4569.04	4580.09	4591.04	4602.09	4613.04	4624.09	4635.04	4646.09	4657.04	4668.09	4679.04	4690.09	4701.04	4712.09	4723.04	4734.09	4745.04	4756.09	4767.04	4778.09	4789.04	4800.09	4811.04	4822.09	4833.04	4844.09	4855.04	4866.09	4877.04	4888.09	4899.04	4910.09	4921.04	4932.09	4943.04	4954.09	4965.04	4976.09	4987.04	4998.09	5009.04	5020.09	5031.04	5042.09	5053.04	5064.09	5075.04	5086.09	5097.04	5108.09	5119.04	5130.09	5141.04	5152.09	5163.04	5174.09	5185.04	5196.09	5207.04	5218.09	5229.04	5240.09	5251.04	5262.09	5273.04	5284.09	5295.04	5306.09	5317.04	5328.09	5339.04	5350.09	5361.04	5372.09	5383.04	5394.09	5405.04	5416.09	5427.04	5438.09	5449.04	5460.09	5471.04	5482.09	5493.04	5504.09	5515.04	5526.09	5537.04	5548.09	5559.04	5570.09	5581.04	5592.09	5603.04	5614.09	5625.04	5636.09	5647.04	5658.09	5669.04	5680.09	5691.04	5702.09	5713.04	5724.09	5735.04	5746.09	5757.04	5768.09	5779.04	5790.09	5801.04	5812.09	5823.04	5834.09	5845.04	5856.09	5867.04	5878.09	5889.04	5900.09	5911.04	5922.09	5933.04	5944.09	5955.04	5966.09	5977.04	5988.09	5999.04	6010.09	6021.04	6032.09	6043.04	6054.09	6065.04	6076.09	6087.04	6098.09	6109.04	6120.09	6131.04	6142.09	6153.04	6164.09	6175.04	6186.09	6197.04	6208.09	6219.04	6230.09	6241.04	6252.09	6263.04	6274.09	6285.04	6296.09	6307.04	6318.09	6329.04	6340.09	6351.04	6362.09	6373.04	6384.09	6395.04	6406.09	6417.04	6428.09	6439.04	6450.09	6461.04	6472.09	6483.04	6494.09	6505.04	6516.09	6527.04	6538.09	6549.04	6560.09	6571.04	6582.09	6593.04	6604.09	6615.04	6626.09	6637.04	6648.09	6659.04	6670.09	6681.04	6692.09	6703.04	6714.09	6725.04	6736.09	6747.04	6758.09	6769.04	6780.09	6791.04	6802.09	6813.04	6824.09	6835.04	6846.09	6857.04	6868.09	6879.04	6890.09	6901.04	6912.09	6923.04	6934.09	6945.04	6956.09	6967.04	6978.09	6989.04	7000.09	7011.04	7022.09	7033.04	7044.09	7055.04	7066.09	7077.04	7088.09	7099.04	7110.09	7121.04	7132.09	7143.04	7154.09	7165.04	7176.09	7187.04	7198.09	7209.04	7220.09	7231.04	7242.09	7253.04	7264.09	7275.04	7286.09	7297.04	7308.09	7319.04	7330.09	7341.04	7352.09	7363.04	7374.09	7385.04	7396.09	7407.04	7418.09	7429.04	7440.09	7451.04	7462.09	7473.04	7484.09	7495.04	7506.09	7517.04	7528.09	7539.04	7550.09	7561.04	7572.09	7583.04	7594.09	7605.04	7616.09	7627.04	7638.09	7649.04	7660.09	7671.04	7682.09	7693.04	7704.09	7715.04	7726.09	7737.04	7748.09	7759.04	7770.09	7781.04	7792.09	7803.04	7814.09	7825.04	7836.09	7847.04	7858.09	7869.04	7880.09	7891.04	7902.09	7913.04	7924.09	7935.04	7946.09	7957.04	7968.09	7979.04	7990.09	8001.04	8012.09	8023.04	8034.09	8045.04	8056.09	8067.04	8078.09	8089.04	8100.09	8111.04	8122.09	8133.04	8144.09	8155.04	8166.09	8177.04	8188.09	8199.04	8210.09	8221.04	8232.09	8243.04	8254.09	8265.04	8276.09	8287.04	8298.09	8309.04	8320.09	8331.04	8342.09	8353.04	8364.09	8375.04	8386.09	8397.04	8408.09	8419.04	8430.09	8441.04	8452.09	8463.04	8474.09	8485.04	8496.09	8507.04	8518.09	8529.04	8540.09	8551.04	8562.09	8573.04	8584.09	8595.04	8606.09	8617.04	8628.09	8639.04	8650.09	8661.04	8672.09	8683.04	8694.09	8705.04	8716.09	8727.04	8738.09	8749.04	8760.09	8771.04	8782.09	8793.04	8804.09	8815.04	8826.09	8837.04	8848.09	8859.04	8870.09	8881.04	8892.09	8903.04	8914.09	8925.04	8936.09	8947.04	8958.09	8969.04	8980.09	8991.04	9002.09	9013.04	9024.09	9035.04	9046.09	9057.04	9068.09	9079.04	9090.09	9101.04	9112.09	9123.04	9134.09	9145.04	9156.09	9167.04	9178.09	9189.04	9200.09	9211.04	9222.09	9233.04	9244.09	9255.04	9266.09	9277.04	9288.09	9299.04	9310.09	9321.04	9332.09	9343.04	9354.09	9365.04	9376.09	9387.04	9398.09	9409.04	9420.09	9431.04	9442.09	9453.04	9464.09	9475.04	9486.09	9497.04	9508.09	9519.04	9

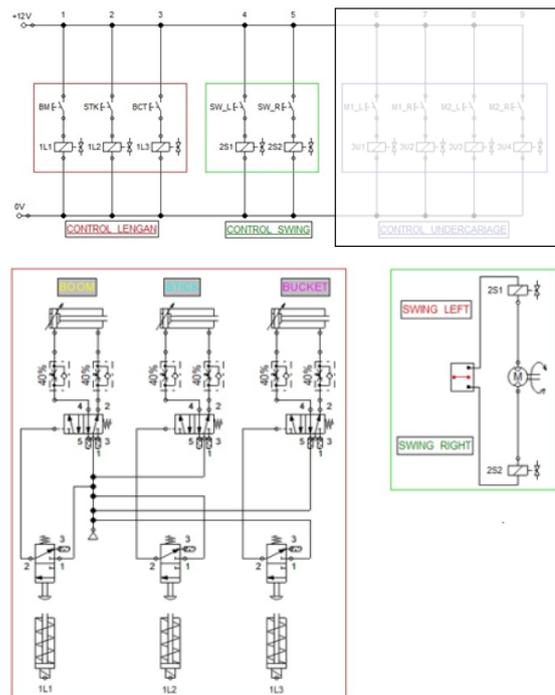
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut sebagai diagram alir modifikasi sistem kontrol *excavator* (Julianto, 2004).



Gambar 3.2 Alur Modifikasi Sistem Kontrol

3.1.1 Perencanaan Sistem Kontrol

Sistem kontrol yang digunakan jenis ON-OFF, menggunakan tegangan listrik DC 12V, *electric actuator* penekan katup pneumatik diatur dari *remote*. Perancangan sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut



Gambar 3.3 Sirkuit Kelistrikan Kontrol Model *Excavator*

Dalam sirkuit ini ada tiga kelompok besar pengontrolan yaitu kontrol lengan, *control swing* dan *control undercariage*. dalam penelitian ini kontrol *undercariage* tidak dibahas, karena kontrol *undercariage* merupakan penelitian lain. Keterangan dari sirkuit yang telah direncanakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Keterangan Sirkuit Kontrol Model *Excavator*

Label	Keterangan
BM	Tombol untuk menggerakkan boom
SKT	Tombol untuk menggerakkan stick
BCT	Tombol untuk menggerakkan bucket
SW_L	Tombol untuk menggerakkan motor <i>swing</i> putaran CW
SW_R	Tombol untuk menggerakkan motor <i>swing</i> putaran CCW
1L1	Soket colokan boom ke panel kontrol
1L2	Soket colokan stick ke panel kontrol
1L3	Soket colokan bucket ke panel kontrol
2S1	Soket colokan motor <i>swing</i> putaran CW ke panel kontrol
2S2	Soket colokan motor <i>swing</i> putaran CCW ke panel kontrol
0V	Port input arus listrik negatif
+12V	Port input arus listrik positif

3.1.2 Pembuatan *remote* kontrol

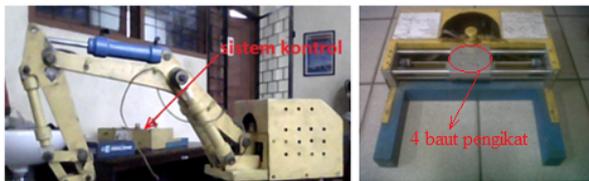
Menggunakan *remote* mainan *excavator*, penambahan *port input* arus listrik pada *remote*, penambahan saklar 3 posisi (ON-OFF-ON) agar arah putaran motor menjadi CW dan CCW, kabel telepon digunakan sebagai pengantar arus listrik dan salah satu ujung kabel diberikan soket. Hasil modifikasi dan pembuatan *remote* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pembuatan Remote

3.1.3 Perakitan

Membuka empat buah baut penyambung antara bagian atas *excavator* dengan peluncur *swing* maka *excavator* dan sistem control akan terpisah seperti terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pemisahan Kotak Kontrol Model *Excavator*

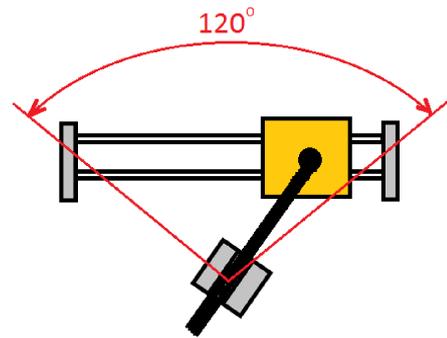
Remote yang telah dimodifikasi selanjutnya dilakukan proses perakitan *remote* ke *excavator* dengan penghubung kabel sebagai pengantar arus listrik untuk menggerakkan komponen elektroniknya, *excavator* dilengkapi dengan panel kontrol serta lubang-lubang *port*, salah satu ujung kabel diberikan soket sebagai penghubung kelubang *port*, seperti terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Proses perakitan

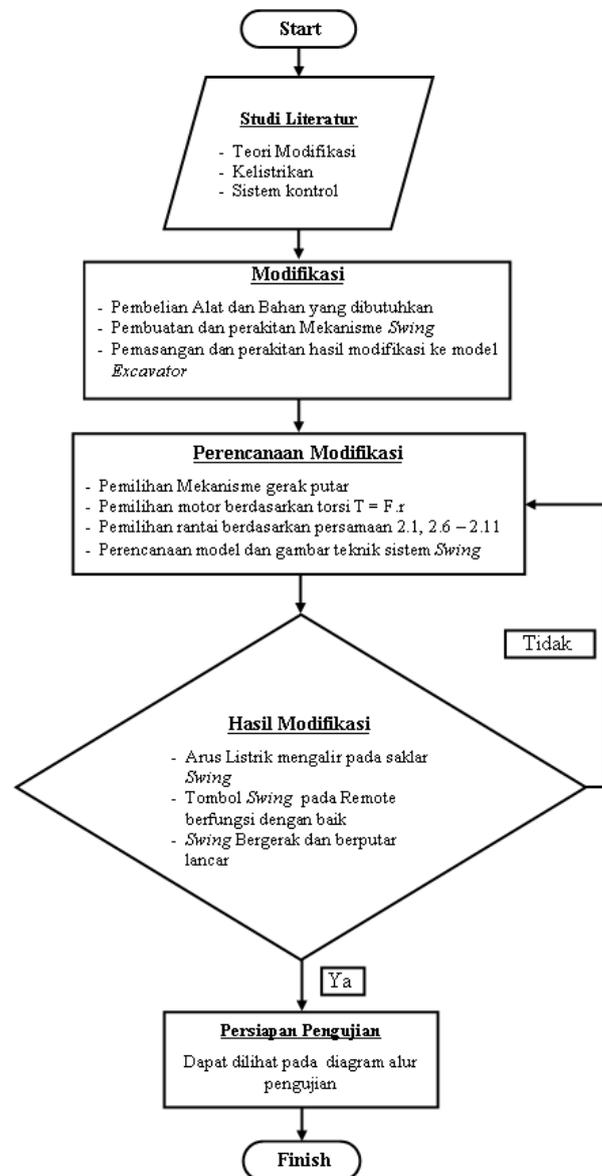
3.2 Modifikasi Sistem *Swing*

Excavator (Julianto, 2004) menggunakan mekanisme batang peluncur, untuk bergerak *swing* 120° , mekanisme ini akan diganti dengan sistem gerak berputar 360° yaitu menggunakan motor listrik agar *body excavator* bergerak lebih bebas dan lengan dapat menjangkau ke sekelilingnya. Ilustrasikan mekanisme *swing* sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Ilustrasi *Swing Excavator*.

Perancangan dan pembuatan sistem gerak putar *swing* yang dilakukan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.8 sebagai diagram alir modifikasi *swing excavator*.



Gambar 3.8 Alur Modifikasi *Swing*

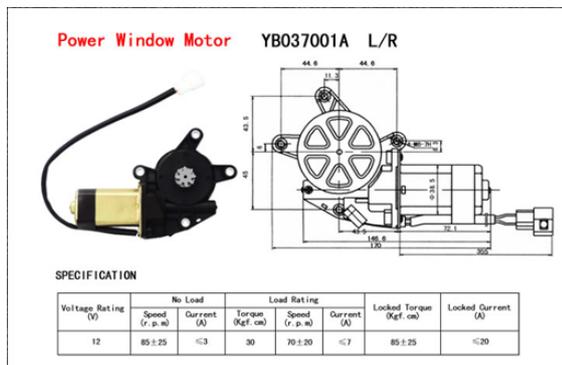
3.2.1 Perencanaan sistem *swing*

Motor listrik digunakan sebagai penggerak *swing* karena bisa berputar 360°, dipilah rantai sebagai transmisi daya dan putaran, mekanisme gerak putar di letakkan di bawah *excavator*. Pemilihan motor penggerak berdasarkan persamaan torsi, diketahui berat *excavator* bagian atas (*travelling unit*) 4,7 kg, kapasitas *bucket* 0,6 kg dan diameter *sprocket* yang digerakkan 100 mm, maka torsi rancangan adalah:

$$T = F \cdot r$$

$$T = 2,65 \text{ N.m}$$

Motor penggerak yang digunakan harus mempunyai torsi $T > 2,65 \text{ N.m}$, setelah melakukan survei diperoleh motor penggerak dengan spesifikasi seperti terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Spesifikasi Motor Penggerak

Pemilihan rantai untuk mentransmisikan putaran dan daya berdasarkan persamaan 2.1 dengan (V) dan (A) diperoleh dari spesifikasi motor gambar 2.9 di atas, maka daya pada motor adalah:

$$P_M = 0,113 \text{ HP}$$

Memilih *service factor* 1,3 dari tabel 2.1 daya rancangan dapat ditentukan dengan persamaan 2.6

$$\text{Design HP} = 0,173 \text{ HP}$$

Memasukkan putaran *sprocket* kecil 85 rpm yang diperoleh dari spesifikasi motor ke gambar 2. , jumlah rantai yang digunakan (*number of strand*) adalah 1 diperoleh dari Tabel 2.3 dan *HP Rating* 0,173 maka digunakan rantai dengan No. 35. Untuk mengetahui spesifikasi rantai dapat dilihat pada Tabel 2.4. Standard ASME B29.1M-1993 diperoleh jumlah gigi *sprocket* (T_1) penggerak 11 gigi dan putaran 85 rpm, jumlah gigi *sprocket* yang akan digerakkan (T_2) adalah 24, maka dapat ditentukan putaran akhir rantai dengan persamaan perbandingan 2.7 berikut:

$$N_2 = 38,96 \text{ rpm}$$

Jarak antara dua sumbu *sprocket* (x) berdasarkan persamaan 2.8 adalah:

$$x = 187,7 \text{ mm}$$

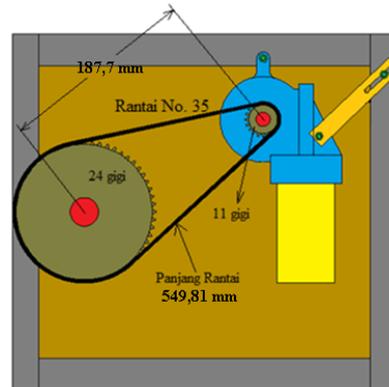
Jumlah mata rantai atau (K) berdasarkan persamaan 2.9 adalah:

$$K = 57,72 \approx 58$$

Panjang rantai (L) dapat ditentukan dari persamaan 2.10:

$$L = 549,81 \text{ mm}$$

Dari perhitungan serta pertimbangan pemilihan penggerak *swing* di atas, diperoleh hasil rancangan seperti terlihat pada gambar 2.10 berikut.



Gambar 3.10 Hasil Perencanaan dan Pemilihan Motor Serta Rantai Penggerak *Swing*

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan *swing excavator* dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$P = 0,04 \text{ HP}$$

3.2.2 Pembuatan

Setelah melakukan proses perancangan kemudian dilakukan proses pembuatan seperti terlihat pada gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Hasil Pembuatan *Swing*

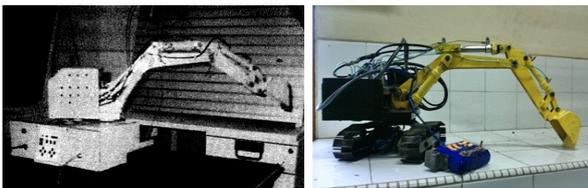
4. Hasil

Hasil yang diperoleh setelah dilakukannya modifikasi model *excavator* (Julianto, 2004) seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil modifikasi

Sebelum Modifikasi	Setelah Modifikasi
Pengontrol di letakkan pada kotak,	Pengontrol menggunakan <i>remote</i> berkabel
Excavator tidak dapat berpindah karena kotak kontrol.	Excavator dapat berpindah, setelah dilakukan pemasangan <i>undercarriage</i>
Swing 120° digerakan dengan batang peluncur pneumatik	Swing 360° digerakkan dengan motor listrik transmisi rantai
Panel kontrol terletak pada <i>Box</i> di belakang lengan	Panel kontrol di letakkan pada <i>box</i> kecil di samping lengan
rangkaian pneumatik terletak pada meja uji pneumatik	Rangkaian pneumatik terletak di belakang lengan

Hasil modifikasi model *excavator* (Julianto, 2004) terlihat pada Gambar 4.1.

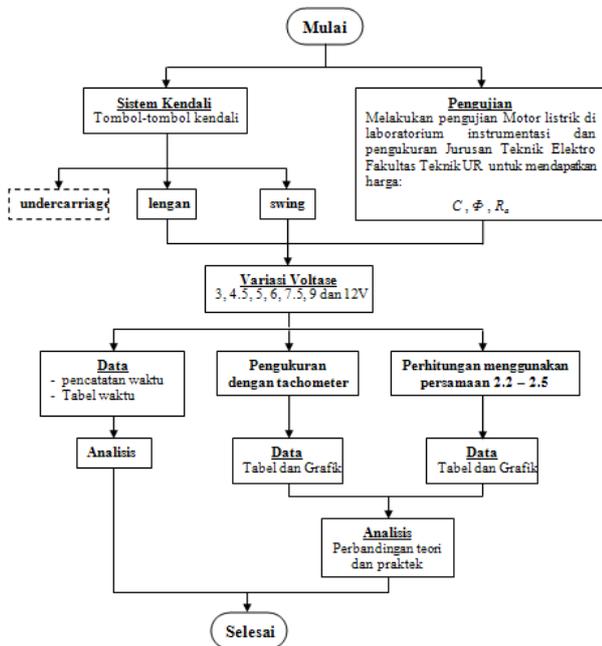


(a). Sebelum modifikasi (b). Setelah modifikasi

Gambar 4.1 Perbedaan Model *Excavator* Pneumatik Sebelum Modifikasi dengan Setelah Modifikasi

5. Pembahasan

Setelah melakukan modifikasi, maka untuk mengetahui kelayakannya perlu diadakan pengujian pada bagian yang dimodifikasi tersebut. Pengujian dilakukan pada sistem kontrol dan sistem gerak *swing*. Alur pengujian dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Alur Pengujian

5.1 Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem kontrol yang baru dibuat berfungsi dengan baik,

akan diuji pengaruh waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan terhadap variasi tegangan listrik.

Pengujian dilakukan dengan cara menekan tombol pada *remote* tanpa dilepas yang bersamaan dengan pencatatan waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan dari posisi lengan tertutup hingga terbuka seperti terlihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Proses Pengujian

Hasil pengujian variasi voltase terhadap daya dan waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Sistem Kontrol

Label	Waktu (s)				Sistem berfungsi	
	6V	7.5V	9V	12V	Baik	Buruk
BM	6,8	5,2	4,6	4,0		
	6,2	4,7	4,6	4,1		
	5,4	5,2	4,2	4,0	✓	
	7,0	5,8	4,8	4,0		
	6,5	5,3	4,4	4,0		
SKT	8,2	7,2	6,3	5,9		
	7,9	7,1	6,1	5,7		
	8,0	7,1	6,6	5,9	✓	
	8,1	7,0	6,5	5,8		
	8,1	7,3	6,5	5,9		
BCT	4,0	3,1	2,4	1,9		
	4,1	3,0	2,5	2,1		
	4,0	3,1	2,4	2,0	✓	
	4,2	3,1	2,4	1,8		
	4,0	3,1	2,3	1,9		

Masing-masing lengan diuji sebanyak 5 kali untuk memperoleh data yang tepat kemudian dilakukan kalkulasi rata-rata seperti terlihat pada Tabel 5.2 di bawah, voltase divariasikan dengan *ampere* yang tetap,

untuk mengetahui daya jika voltase divariasikan dapat di hitung menggunakan persamaan 2.1.

$$P = V \times I$$

$$P = 6 \times 5$$

$$P = 30 \text{ watt}$$

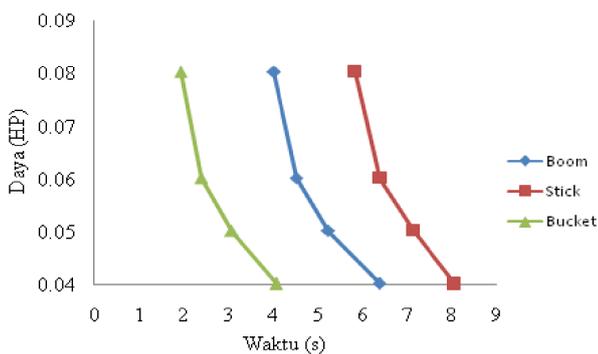
$$P = 0,04 \text{ HP}$$

Tabel 5.2 Pengolahan Data Pengujian Sistem Kontrol

Tegangan (Volt)	Daya (HP)	Waktu (s)		
		BM	SKT	BCT
6	0,04	6,4	8,1	4,1
7,5	0,05	5,2	7,1	3,1
9	0,06	4,5	6,4	2,4
12	0,08	4,0	5,8	1,9

Dari data pengujian di atas dapat diketahui bahwa sistem kendali hasil modifikasi berkerja dengan baik. besar kecilnya voltase mempengaruhi daya dan waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan. Voltase yang kecil akan berpengaruh pada daya yang akan menurun, akibatnya waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan semakin besar dan gerakan lengan pelan.

Pada saat tombol ditekan maka akan terjadi perubahan energi listrik menjadi energi mekanik, arus listrik mengalir ke *electric actuator* untuk menekan tombol katup pneumatik, udara bertekanan akan masuk ke rangkaian pneumatik dan menggerakkan lengan *excavator*, peranan daya adalah memberikan dampak pada usaha *electric actuator*. Jika penekanan pada tombol katup pneumatik melemah akibat kecilnya voltase, maka udara yang masuk akan membutuhkan waktu untuk menekan piston *actuator* pneumatik dan begitu pula sebaliknya. Hasil pengujian diplot dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik pengujian system kontrol

Dari Gambar 5.3 di atas grafik hasil pengujian menunjukkan semakin kecil voltase yang diberikan maka semakin kecil daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan-lengan *excavator* akibatnya gerakan lengan pelan dan butuh waktu.

5.2 Pengujian swing

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat, data yang dimaksud ialah putaran *swing* yang memenuhi *standard*, putaran *swing excavator* pada umumnya 13,3 rpm. dengan memvariasikan voltase yang masuk kemotor maka akan dilihat pengaruhnya pada putaran dan mengetahui voltase berapa agar gerakan *swing* 13,3 rpm.

5.2.1 Pengujian *swing* berdasarkan perhitungan

Voltase yang akan divariasikan adalah 3, 4.5, 6, 7.5, 9 dan 12V, berdasarkan teori dan perhitungan menggunakan persamaan 2.4 dan 2.5

setelah melakukan pengukuran motor listrik penggerak *swing* di laboratorium metrologi instrumen dan pengukuran Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau diperoleh:

$$C\Phi = 0,282 \text{ weber}$$

$$R_a = 0,36 \Omega$$

Untuk menentukan (ω) gunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$\omega = -2,55 \text{ rad/s}$$

Untuk menentukan putaran (n) pada motor digunakan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$n = -24,394 \text{ rpm}$$

Maka, putaran *swing* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

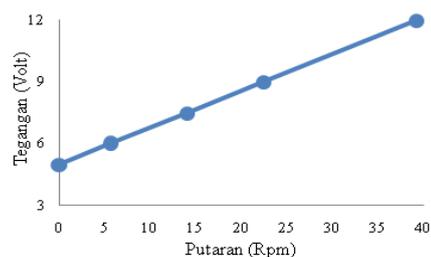
$$N_2 = -11,18 \text{ rpm}$$

Hasil perhitungan di atas dari beberapa variasi voltase dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Pengolahan data *swing*

Tegangan (Volt)	Putaran Motor (rpm)	Putaran Swing (rpm)
3	-24,39	-11,18
4,5	-6,09	-2,79
5	0	0
6	12,19	5,59
7,5	30,49	13,97
9	48,78	22,36
12	85,37	39,13

Hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.4, 2.5 dan 2.8 diplot dalam bentuk Grafik seperti terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik hasil perhitungan

5.2.2 Pengujian *swing* menggunakan *tachometer*

Kemudian dilakukan pengujian putaran *swing* pada *excavator* menggunakan *tachometer*, sebuah tanda ditempelkan pada poros sproket penggerak, tombol *swing* diaktifkan, arahkan sensor *tachometer* pada tanda seperti terlihat pada Gambar 5.5 dan kemudian diperoleh hasil pengujian menggunakan *tachometer* seperti terlihat Tabel 5.4.

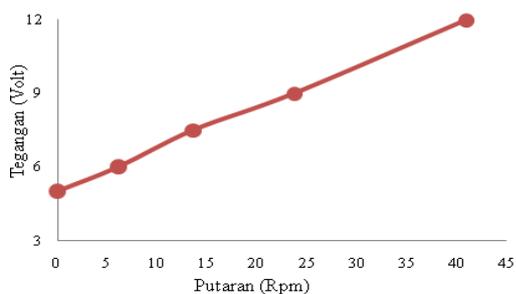


Gambar 5.5 Pengujian *swing*

Tabel 5.4 Data pengujian *swing*

Tegangan (Volt)	Putaran (Rpm)
5	0
6	6,117
7,5	13,598
9	23,624
12	40,882

Hasil pengujian menggunakan *tachometer* diplot dalam bentuk Grafik seperti terlihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik data pengujian

Data dengan harga < 0 dan $= 0$ artinya adalah *swing* tidak bergerak disebabkan oleh voltase yang masuk ke motor listrik terlalu kecil dan dalam hal ini terbukti dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan diperoleh grafik seperti terlihat pada Gambar 4.8, grafik ini menunjukkan pengaruh voltase yang diberikan terhadap putaran *swing* yang berbanding lurus sehingga semakin besar voltase yang diberikan maka akan semakin cepat putaran *swing*.

Agar gerakan *swing* berputar 13 rpm maka voltase yang digunakan adalah 7,5V. *Excavator* didesain mempunyai satu daya listrik DC maksimum 12V, jika seluruh komponen elektronik menggunakan daya 7,5V

maka akan berpengaruh pada pergerakan lengan yang melambat dan membutuhkan waktu, seperti yang telah dijelaskan sub bab 5.1 pengujian sistem kontrol *excavator*, untuk itu diperlukan penambahan komponen elektronik untuk menurunkan daya listrik DC 12V menjadi 7,5V yang di letakkan pada sirkuit kelistrikan *swing* agar berputar 13,598 rpm atau setara dengan gerak putaran *swing excavator* pada umumnya.

6 Simpulan

Dari hasil perencanaan, pembuatan dan pengujian tugas akhir dengan judul modifikasi serta pengujian sistem *control* dan sistem *swing* model *excavator*. Penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian lanjutan ini melakukan proses pembuatan *Remote* serta modifikasi sistem kendali jenis *acting two position on or off*, dapat diselesaikan dan bekerja dengan baik.
2. Pengaruh waktu terhadap pergerakan lengan disebabkan oleh voltase yang diberikan, voltase yang kecil akan menurunkan daya dan membuat *electric actuator* melemah untuk menekan tombol katup pneumatik, udara yang masuk ke *actuator* untuk mendorong lengan *excavator* membutuhkan waktu.
3. Perancangan dan pembuatan sistem *swing* menggunakan komponen rantai dan sproket sepeda yang digerakkan oleh motor listrik YB037001A power *window* Toyota Kijang, telah diselesaikan dan berputar dengan kecepatan 40,882 rpm pada tegangan 12V
4. Untuk menyetarakan putaran *swing* dengan *excavator* pada umumnya maka berikan tegangan 7,5V dan *swing* akan berputar dengan kecepatan 13,598 rpm.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim. 2013. *Volvo Construction Equipment*. North America.
- [2] Ayu, W. Ade. 2007. *Peranan Penting Alat Berat pada Pembangunan Jalan Tol*. Politeknik Negri Jakarta.
- [3] C. B. Norberg. 1993. *Precision Power Transmission Roller Chains ASME B29.1M*. New York, N.Y.
- [4] Dorf, R.C. 1983. *Sistem Pengaturan Edisi 3*. Jakarta: Erlangga.
- [5] F, Ebel Dr. 2002. *Electropneumatics Festo Didactic Vol 1*. Germany: Festo Didactic Industries.
- [6] Gustriansyah, Yogi. 2011. Hubungan Antara Tegangan dan RPM Pada Motor Listrik. Bahan Ajar Teknik Elektro ITB.
- [7] Hafif, M. Sholeh. 2013. Kumpulan Artikel Arus Searah. <http://www.mohsholehafiflistrik1.blogspot.com/arus-searah-dc.html> (Diakses pada tanggal 17 April 2014).

- [8] Jeffrey, Renold. 2011. *Roller Drive Chain Selection*. America: Advancing Chain Technology Ltd.
- [9] Julianto. 2004. *Perencanaan dan Pengujian Model Excavator*. Kertas Karya Prodi D3 Teknik Mesin Universitas Riau.
- [10] Kurniawan. Wahyu. 2010. Bagian III Rantai.http://www.wahyukurniawan.web.id/bagian_III_rantai.pdf.html (Diakses pada tanggal 21 April 2014)
- [11] M. F. Spotts. 1964. *Design of Machine Elements*. Northwestern University: Prentice-Hall.
- [12] Pakpahan, Sahat. 1988. *Kontrol Otomatik Teori dan Penerapan*. Jakarta: Erlangga.
- [13] Wikipedia. 2010. Arus Listrik. http://www.id.wikipedia.org/wiki/Aru_listrik.html (Diakses pada tanggal 20 April 2014).
- [14] Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.

