

## EVALUASI GERAK SIMULATOR BATANG KENDALI REAKTOR RISET

Sanda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN

### ABSTRAK

*EVALUASI GERAK SIMULATOR BATANG KENDALI REAKTOR RISET. Telah dilakukan pengujian gerak simulasi batang kendali reaktor menggunakan servomotor. Gerak batang kendali reaktor pada setiap titik harus pada posisi yang tepat, salah satu motor yang dapat bergerak secara presisi dan tepat yaitu motor servo. Untuk menjamin bahwa motor servo dapat bergerak sesuai dengan program yang diinginkan, maka dilakukan uji fungsi motor servo agar kerja motor dapat menjamin kinerja alat. Pengujian dilakukan terhadap gangguan tegangan jala-jala, beban stabil dalam jangka waktu tertentu dan waktu tempuh batang kendali pengaman naik-turun, waktu tempuh batang kendali pengatur naik-turun dan waktu tempuh batang kendali kompensasi naik-turun. Dalam pengujian gangguan tegangan jala-jala pada  $V_{out}$  24V, 6,5 A dengan beban 12  $\Omega$  diperoleh penyimpangan  $V_0 = 0,1\%$  dan  $V_1 = 0,65\%$  dan untuk kestabilan beban dalam jangka waktu tertentu terjadi penyimpangan  $V = 0,7125\%$ , berikutnya pada gangguan tegangan jala-jala pada  $V_{out}$  12V, 4,2 A dengan beban 6  $\Omega$  diperoleh penyimpangan  $V_0 = 0,275\%$  dan  $V_1 = 1,158\%$  untuk kestabilan beban dalam jangka waktu tertentu terjadi penyimpangan  $V = 1,463\%$  dan pada gangguan tegangan jala-jala pada  $V_{out}$  24V, 4,5 A dengan beban 12  $\Omega$  diperoleh penyimpangan  $V_0 = 0,196\%$  dan  $V_1 = 0,496\%$  dan untuk kestabilan beban dalam jangka waktu tertentu terjadi penyimpangan  $V = 0,3625\%$ . Sedangkan waktu tempuh batang kendali pengaman naik-turun, pengatur naik-turun dan kompensasi naik-turun menunjukkan grafik linier yang stabil. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja motor servo sangat stabil dengan wilayah kerja dibawah nilai batas toleransi, yaitu 5% - 10%.*

*Kata kunci: simulasi, batang kendali, motor servo.*

### ABSTRACT

*AN EVALUATION OF CONTROL ROD MOTION SIMULATOR OF RESEARCH REACTOR. Motion simulator for rod control research reactor has been carried out using a servomotor. Reactor rod motion control at any point should be in the right position, one of the motors that can move in a precise and correct is the servo motor. To ensure that the servo motor to move in accordance with the desired program, then the servomotor function test should be carried out to ensure having good performance. Tests carried out on meshes stress disorder, the load is stable within a certain period and travel time safety control rod up and down, travel time regulating control rods up and down and travel time compensation control rods up and down. In testing the breakdown voltage  $V_{out}$  nets at 24V, 6.5 A with 12  $\Omega$  load deviation obtained  $V_0 = V_1 = 0.1\%$  and  $0.65\%$  and for the stability of the load in a certain time deviation  $V = 0.7125\%$ , next to the breakdown voltage  $V_{out}$  nets at 12V, 4.2 A with a 6  $\Omega$  load deviation obtained  $V_0 = V_1 = 0.275\%$  and  $1.158\%$  for the stability of the load in a certain time deviation  $V = 1.463\%$  and the net-voltage noise nets on  $V_{out}$  24V, 4.5 A with 12  $\Omega$  load deviation obtained  $V_0 = V_1 = 0.196\%$  and  $0.496\%$  and for the stability of the load in a certain time deviation  $V = 0.3625\%$ . While the travel time of a safety control rod up and down, up and down the regulator and compensation rise and fall showed a steady linear grafik. The results show that the performance of the servo motor is very stable with the working area below the tolerance limit, it is 5% - 10%.*

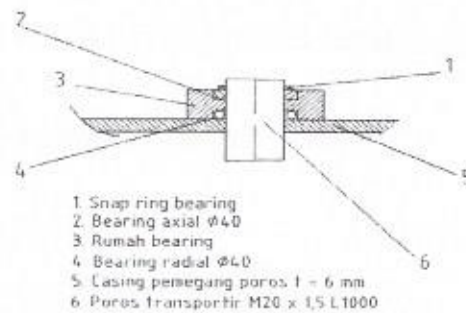
*Keywords: Key words : simulation, control rod, servo motor.*

## 1. PENDAHULUAN

Pembuatan batang kendali reaktor riset sebagai sebuah simulator sangat bermanfaat agar orang lain dapat mengerti fungsi salah satu komponen dari reaktor nuklir yang bergerak. Batang kendali reaktor riset merupakan salah satu komponen reaktor yang berfungsi mengantarkan bahan bakar reaktor masuk ke dalam kolam atau keluar dari kolam. Gerak keluar masuk batang kendali di kolam reaktor digerakan oleh motor penggerak translasi dengan posisi vertikal. Gerak batang kendali reaktor pada setiap titik harus pada posisi yang tepat, salah satu motor yang dapat bergerak secara presisi dan tepat yaitu motor servo. Untuk menjamin bahwa motor servo dapat bergerak sesuai dengan program yang diinginkan, maka dilakukan uji fungsi motor servo dengan cara memutar batang berulir (poros transportir) agar bergerak naik atau turun pada waktu dan posisi yang sama secara berulang-ulang. Desain batang kendali reaktor riset merupakan salah satu penentu terwujudnya pembuatan prototipe gerak simulasi batang kendali reaktor riset. Ada beberapa komponen yang menentukan terbentuknya prototipe simulasi batang kendali reaktor riset, diantaranya bearing, kopling L70, poros transportir dan motor servo. Hasil kegiatan evaluasi ini diharapkan diperoleh prototipe gerak simulator batang kendali reaktor riset dan hasil uji unjuk kerja motor servo.

## 2. DASAR TEORI

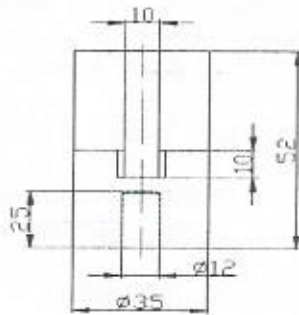
Sistem mekanik batang kendali reaktor riset terbentuk dari beberapa komponen utama, diantaranya bearing, kopling L70, poros transportir dan motor servo, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi bearing, rumah bearing, poros dan snap ring

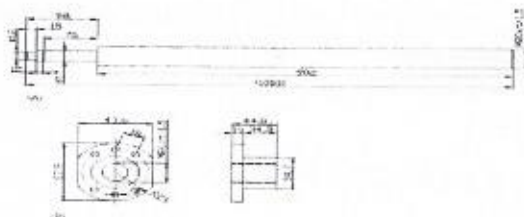
Gambar 1, menjelaskan bahwa poros transportir yang berfungsi sebagai penggerak batang kendali reaktor pada posisi vertikal, secara alami poros akan bergerak turun kebawah/jatuh akibat berat sendiri, namun poros transportir tidak akan jatuh, karena terdapat snap ring yang mengikat leher poros, juga adanya konstruksi mekanik rumah bearing dan bearing yang digunakan untuk menyanggah snap ring, sehingga poros tidak jatuh dan dapat dengan mudah berputar tanpa adanya gesekan dengan benda lain, kecuali pada bearing aksial.

Komponen utama kopling L70 merupakan komponen mekanik penghubung dua poros pada posisi vertikal. Kopling ini termasuk kopling fleksibel yang ditunjukkan dengan adanya blok karet yang mengisi kisi-kisi antara kopling penggerak dan kopling yang digerakan. Kopling ini sangat baik memegang poros motor dan poros transportir, karena masih bisa melayani adanya posisi eksentrik antara poros motor dengan poros transportir, sehingga penginstalan alat menjadi lebih mudah, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kopling tipe L70

Komponen lainnya, yaitu poros transportir yang mempunyai fungsi sebagai penggerak batang kendali naik atau turun. Poros ini mempunyai ukuran M20 x tr 1,5, ini artinya poros mempunyai diameter 20 mm dengan jarak bagi 1,5 mm dan bentuk ulir trapesium. Poros transportir ini mempunyai pasangan yaitu poros berlubang pembawa beban dengan ukuran M2 x tr 1,5, sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 3.



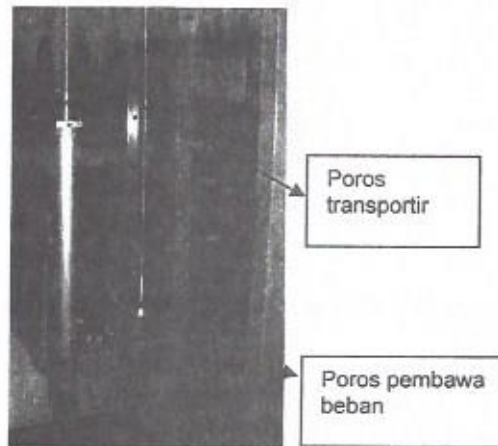
Gambar 3. Poros transportir dan mur pembawa beban

Adapun wujud nyata hubungan antara poros transportir dan mur pembawa beban ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

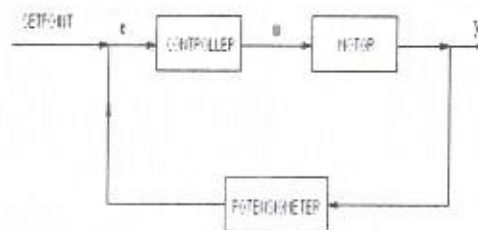
Sedangkan motor servo mempunyai sistem umpan balik tertutup dengan posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian yang ada di dalam motor servo. Motor servo terdiri atas sebuah motor DC, serangkaian gigi, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer digunakan untuk menentukan batas sudut dari putaran servo, sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim

melalui sinyal dari kabel motor. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada motor servo ini energi listrik diubah menjadi energi mekanik dengan cara magnet permanen motor servo yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui interaksi dari dua sudut medan magnet. Salah satu sudut dihasilkan oleh magnet permanen dan sudut yang lainnya dihasilkan oleh arus yang mengalir didalam kumparan motor, sehingga timbul dua medan magnet yang menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran.



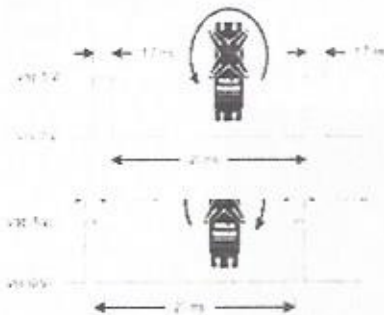
Gambar 4. Hubungan poros transportir dengan poros pembawa beban



Gambar 5. Blok diagram sistem pengendalian (closed loop) motor servo

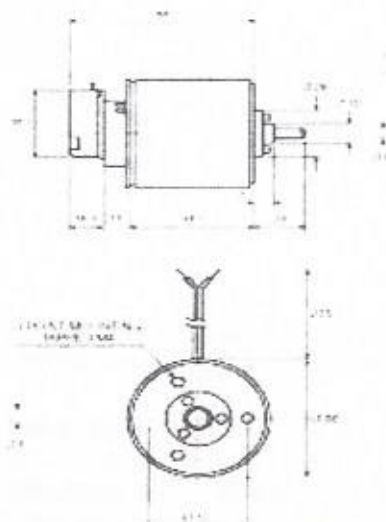
Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan. Pengendalian gerak poros motor servo dilakukan dengan menggunakan Pulse Width Modulation (PWM). Teknik ini

menggunakan sistem lebar pulsa untuk menggerakkan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui sinyal dari kabel motor. Pada Gambar 6. ditunjukkan dengan lebar pulsa 1,5 ms motor servo berada pada posisi tengah, untuk memutar poros motor servo ke kanan diberikan pulsa  $\leq 1,3$  ms dan untuk memutar poros motor ke kiri diberikan pulsa  $\geq 1,7$  ms dengan delay 20 ms.



Gambar 6. Pulsa input penggerak motor servo

Motor servo yang digunakan sebagai penggerak simulasi batang kendali reaktor riset, yaitu motor servo continous, dengan gambar dan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Motor servo sebagai penggerak batang kendali

Dengan spesifikasi teknis yang dipersyaratkan yaitu :

Kecepatan gerak batang kendali ( $V$ ) = 0,067 m/s

Sedangkan spek servomotor terdiri atas :

putaran motor ( $n$ ) = 1600 rpm

Momen puntir terhadap beban = 12 Ncm

Daya motor = 24 watt.

Motor servo yang digunakan sebagai penggerak poros transportir membutuhkan daya ( $P$ ) sebesar :

$$P = m.v$$

(1)

dengan :

$m$  = beban yang digerakan oleh motor, N

$v$  = kecepatan gerak translasi poros berlubang pembawa beban, m/s

sedangkan kecepatan motor berputar dihitung dengan persamaan :

$$V = \pi Dn$$

(2)

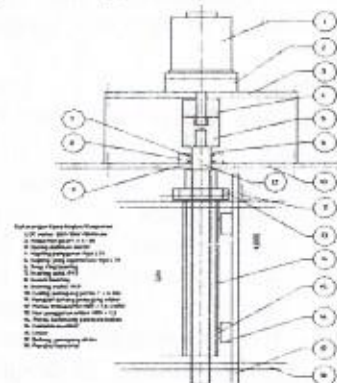
dengan :

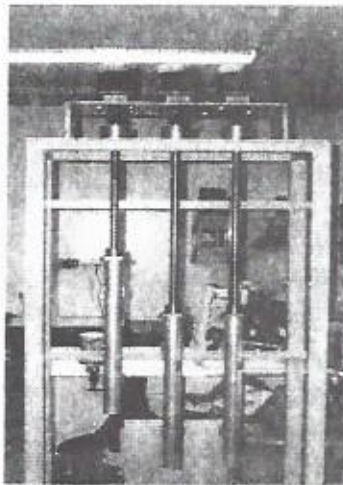
$D$  = jarak ulir penggerak terhadap beban yang digerakan, mm

$n$  = putaran motor, rpm

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam evaluasi gerak simulator batang kendali reaktor riset diperoleh hasil rancangan yang ditunjukkan pada Gambar 8. dan prototipe konstruksi simulator batang kendali reaktor riset seperti ditunjukkan pada Gambar 9.





Gambar 9. Konstruksi simulator batang kendali reaktor riset

Pada Gambar 8 dan 9 menunjukkan suatu konstruksi mekanik yang sangat rigid, hal tersebut dapat dilihat dari adanya hubungan kopling L70 mengkopel poros motor servo dan poros transportir, sedangkan poros transportir itu sendiri yang berada pada posisi tegak lurus dari atas ke bawah leher porosnya dipegang oleh snap ring dan permukaan snap bertumpu pada bearing aksial, sehingga motor servo dengan mudah menggerak poros

transportir, akibat koefisien geseknya kecil.

Sedangkan perhitungan kekuatan motor diperoleh hasil sebagai berikut :

kecepatan motor berputar dihitung dengan persamaan :

$$V = \pi D n$$

$$V = 3,14(35/1000)(1500/60)$$

$$V = 0,1099 \text{ m/detik}$$

Daya motor servo yang dibutuhkan :

$$P = mV$$

$$P = 20,10,0,1099$$

$$P = 21,98 \text{ Watt.}$$

Daya motor yang dibutuhkan hanya mencapai sekitar 22 Watt dari daya nominal yang tersedia sebesar 24 Watt. Sedangkan pengujian power supply, pengujian kestabilan beban dalam jangka waktu 8 jam hasilnya ditunjukkan sebagai berikut :

Pengujian terhadap tegangan jala-jala pada power supply I, II, III dan IV yang dilakukan pada tegangan 170 V sampai dengan 230 VAC pada beban 12  $\Omega$  dan 6  $\Omega$  memperoleh hasil uji tegangan DC pada beban V0 dan V1. dan pengujian beban stabil dalam jangka waktu 8 jam pada power supply I, II, III dan IV. Sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil perhitungan pengujian terhadap tegangan jala-jala pada power supply

	1	2	3	4	5	6	7	8
V <sub>0</sub>	24,039	24,047	24,047	24,047	24,047	24,028	12,033	12,033
V <sub>1</sub>	23,844	23,881	23,881	23,881	23,881	23,844	11,861	11,861

Tabel 2. Hasil perhitungan pengujian tegangan beban stabil dalam jangka waktu 8 jam

	1	2	3	4	5	6	7	8
V	23,829	23,918	23,913	23,913	23,913	23,829	11,824	11,824

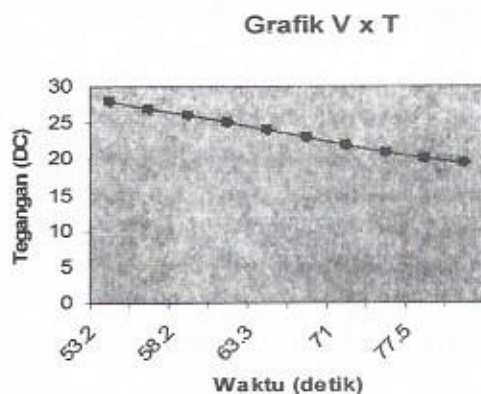
Pada Tabel 1. menunjukkan pengujian pada V0 (tanpa beban 12  $\Omega$ ) menghasilkan harga maksimal 24,100 Volt dari tegangan input 24 Volt, begitu juga pengujian pada V1 dengan beban 12  $\Omega$  menghasilkan harga minimal 23,800 dari tegangan input 24 Volt. Secara matematis penyimpangan yang

terjadi hanya mencapai 0,42 % dan 0,84 % dari harga persyaratan ripple <2% dan regulator <5% (hal yang sama juga terjadi untuk pengujian pada tegangan 12 Volt). Sedangkan pada Tabel 2. menunjukkan pengujian kestabilan power supply yang digunakan untuk menggerakkan motor servo selama

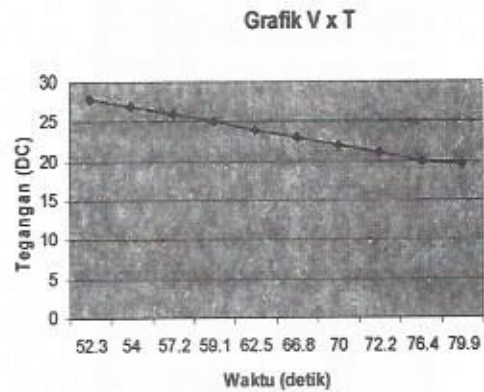
waktu 8 (delapan) jam dengan tegangan output yang dihasilkan sebesar minimal 23,800 Volt dari tegangan input 24 Volt. Secara matematis penyimpangan yang terjadi pada uji tegangan kestabilan power supply 0,84%. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian kerja power supply untuk menggerakkan motor servo menghasilkan harga yang sangat stabil dan memenuhi syarat.

Sedangkan pengujian terhadap kinerja motor ditentukan berdasarkan waktu tempuh batang kendali naik-turun, waktu tempuh batang kendali pengatur naik-turun dan waktu tempuh batang kendali kompensasi naik-turun, seperti ditunjukkan pada Gambar 10, 11, 12, 13, 14 dan 15.

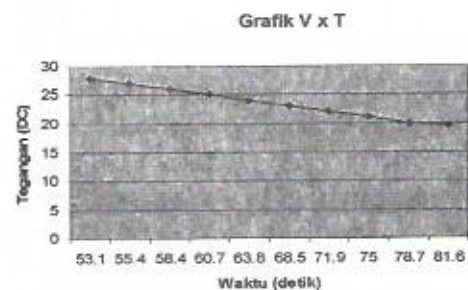
Dari Gambar 10,11, 12, 13, 14 dan 15 menunjukkan grafik linier, yaitu tegangan yang diatur semakin rendah dihasilkan waktu tempuh batang kendali semakin lama dan jarak tempuh batang kendali 400 mm harus ditempuh selama 60 detik dapat diperoleh pada tegangan 25 Volt, dengan kapasitas motor servo dapat diatur 19,5 – 28 Volt, walaupun tegangan yang akan digunakan adalah 24 Volt. Hal ini motor servo masih bisa bekerja, karena pada tegangan 25 VDC tersebut masih berada dalam persyaratan regulator yaitu  $4,16\% < 5\%$ .



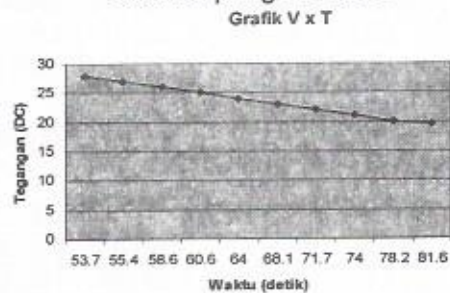
Gambar 10. Waktu tempuh batang kendali naik



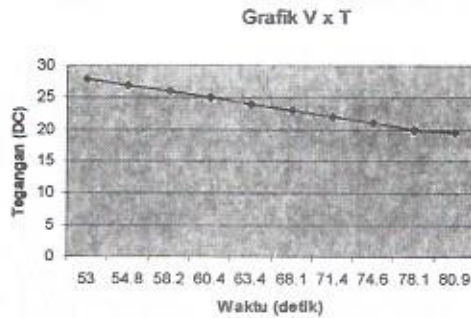
Gambar 11. Waktu tempuh batang kendali turun



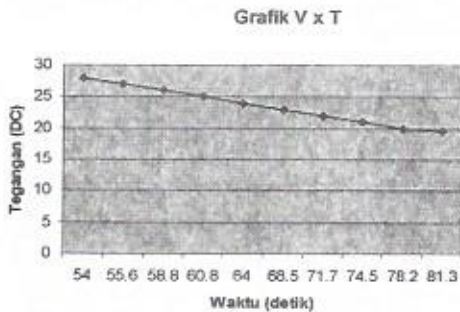
Gambar 12. Waktu tempuh batang kendali pengatur naik.



Gambar 13. Waktu tempuh batang kendali pengatur turun.



Gambar 14. Waktu tempuh batang kendali kompensasi naik.



Gambar 15. Waktu tempuh batang kendali kompensasi turun.

#### 4. KESIMPULAN.

Pada pengujian terhadap tegangan jala-jala pada power supply dan pengujian tegangan beban stabil dalam jangka waktu 8 jam terjadi penyimpangan sebesar 0,42 – 0,48 %, harga tersebut masih dibawah persyaratan ripple dan regulator, sehingga power supply untuk mengendalikan motor servo dapat bekerja dengan baik dan juga waktu tempuh batang kendali yang digerakan oleh motor servo dengan input tegangan 25 Volt masih dapat mencapai jarak 400 mm dalam waktu 60 detik. Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa baik power supply maupun motor servo kehandalannya dapat dijamin dan memenuhi persyaratan alat.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak atas selesainya penulisan makalah ini yang sumber dana penelitiannya dibiayai DIPA tahun 2010.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SULARSO, KIYOKATSU SUGA, : "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", PT.Pradnya Paramita, Jakarta, 1997
- [2]. HERMANN JUTZ, ADUARD SCHARKUS, : "Westermann Table for The Metal Trade", Wiley Eastern Limited, India, 1976. S. N. TRIKHA, : "Machine Design Exercises", Khana Publishers, Delhi, 1963
- [3]. U S ESWAR, "Hand book of Electrical Motor Control Systems", Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1990.
- [4]. Ir. Jac. STOLK, " Elemen Mesin Elemen Konstruksi dari Bangunan Mesin", Erlangga, Jakarta, 1984.