

## RANCANGAN PENGGERAK MEJA PASIEN UNTUK PESAWAT SINAR-X

FIRMAN SILITONGA  
Pusat Rekayasa Peralatan Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

Rancangan penggerak meja pasien untuk pesawat sinar -x. Pada sistem penggerak ini terdapat dua motor induksi satu fase yang masing-masing dayanya 200 Watt dan 400 watt. Motor yang pertama berfungsi untuk menggerakkan meja pesawat sinar-X ke kiri dan ke kanan secara horisontal dan motor yang kedua untuk menggerakkan meja pasien pesawat sinar-X secara rotasi sesuai dan berlawanan dengan putaran jarum. Untuk mendapatkan keadaan gerakan tersebut diatas perlu dirancang sistem penggerak meja pesawat sinar-X. Dari ketiga jenis motor satu fase yang dapat digunakan untuk menggerakkan meja sinar-X hanya permanent split capacitor motor seperti pada gambar 3. dan sistem ini dengan menggunakan kontaktor, tombol tekan seperti pada gambar 4 dan gambar 5.

(kata kunci: penggerak, meja pasien, motor induksi satu fase)

### ABSTRACT

The mover design of patient table for ray -X equipment. At this moving system there are two single phase induction motors which each power are 200 watt and 400 watt. The function of first motor to move patient table to left and right directions horizontally. The function of second motors to move the patient table rotate shall be in accordance with counterwise and uncounterwise directions. To obtain this move situation need to designed mover system for patient table of sinar-X equipment. In this designing only single phase induction motor of permanent split capacitor motor type see figure 3. In this moving system designing use contactor magnet, push button, and limit switch see in figure 4 and figure 5.

(key-words : moving, patient table, single phase induction motors)

## 1. PENDAHULUAN

Rancangan sistem penggerak ini untuk menggerakkan meja pasien pesawat sinar-X ke kiri dan ke kanan secara horisontal dan berputar searah dan berlawanan putaran jam. Untuk menggerakkan meja pasien tersebut biasanya digunakan motor induksi 3 fasa sehingga diperlukan catu daya tiga fasa. Catu daya tiga fasa tidak tersedia pada rumah sakit dan Puskesmas. Untuk mengatasi hal ini perlu dirancang sistem penggerak dengan menggunakan motor induksi satu fasa. Untuk menggerakkan meja pasien ini diperlukan dua motor induksi satu fasa. Motor induksi yang pertama untuk menggerakkan meja pasien ke kiri dan ke kanan secara horisontal sedangkan motor induksi yang kedua untuk menggerakkan meja pasien

secara rotasi ( berputar) searah dan berlawanan putaran jarum jam.

Masing-masing motor induksi ini mempunyai dua kumparan yaitu kumparan utama dan kumparan bantu sedangkan kapasitor dipasang paralel antara kumparan utama dan kumparan bantu. Untuk dapat menggerakkan meja pasien tersebut maka dipilih motor induksi satu fase tipe permanent split capacitor. Rancangan ini dilengkapi dengan kontaktor magnet dan kapasitor. Kontaktor magnet berfungsi untuk mempertukarkan hubungan kumparan utama dan kumparan bantu ke catu daya satu fase yang tersedia. Kapasitor untuk membuat pergeseran fasa antara kumparan utama dan kumparan bantu. Dengan dipasangnya kontaktor magnet dan kapasitor pada motor induksi satu fase ini maka hubungan kumparan

utama dan kumparan bantu dapat terhubung seperti berikut :<sup>1)</sup>

- kumparan utama terhubung ke catu daya satu fase dan kapasitor terhubung seri dengan kumparan bantu; atau
- kumparan bantu terhubung ke catu daya satu fase dan kumparan utama terhubung seri dengan kapasitor.

Dalam hal ini motor induksi satu fasa tipe permanent split capacitor dapat terjadi medan putar. Dengan adanya medan putar ini dapat mengubah putaran motor induksi dan sekaligus dapat menggerakkan meja pasien kekiri dan kekanan dan juga dapat menggerakkan meja pasien berputar searah dan berlawanan putaran jam.

Rancangan sistem penggerak ini terdiri dari dua motor induksi 1 fase, 4 buah kontaktor magnetik, 2 buah kapasitor dan 4 tombol start dan 2 tombol stop.

## 2. TEORI

Sebelum motor digunakan perlu ditentukan daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan meja pasien secara horisontal dan berputar searah dan berlawanan putaran jam.

Untuk menentukan daya motor yang digunakan untuk menggerakkan meja pasien sebagai berikut :

1) menentukan putaran poros ulir

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} \text{ RPM} \dots\dots\dots 1)$$

2) Menentukan torsi untuk menggerakkan meja pasien  
-Torsi untuk gerakan horisontal

$$T = F \cdot \frac{d}{2} \text{ kg} \cdot \text{mm} \dots\dots\dots 2)$$

-Torsi untuk menggerakkan meja pasien vertikal:

$$T = F \left( \frac{d}{4} + \frac{1}{6} \cdot \frac{d}{4} \right) \text{ kg} \cdot \text{mm} \dots\dots\dots 3)$$

3) Menentukan daya yang diperlukan untuk menggerakkan meja pasien.

$$P_d = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{1000 \cdot 60 \cdot 102} \dots\dots\dots 4)$$

dengan :

- v = kecepatan putar, rpm
- F = beban meja , kg
- V = kecepatan putar meja , mm/ detik
- d = diameter, mm

Setelah daya motor induksi dihitung berdasarkan rumus 4) akan ditentukan daya motor induksi sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. untuk pemilihan arus nominal dari pemutus daya motor induksi <sup>3)</sup>

Motor		Pemutus daya
Kapasitas (Daya),kw	Arus Amper	Arus nominal
0,11	0,9	15
0,14	1,25	15
0,20	1,7	15
0,32	2,25	15
0,40	2,95	20
0,5	3,8	20
0,75	5,7	20

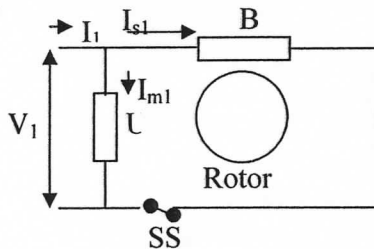
Luas penampang konduktor tembaga yang digunakan untuk motor induksi ini berdasarkan tabel 2.

Tabel 2. Peringkat arus maksimum untuk berbagai luas penampang konduktor tembaga fleksibel <sup>4)</sup>

Luas penampang konduktor, mm <sup>2</sup>	Diameter konduktor mm	Arus dalam Amper			
		1 inti	2 inti	3 inti	4 inti
0,50	0,2	2	2	-	-
0,75	0,2	5	5	4	4
1,0	0,2	9	9	7	7
1,5	0,2	11	11	9	9
2,5	0,2	16	16	14	14
4,0	0,2	22	22	18	18
6,0	0,3	30	30	25	25
10,0	0,3	40	40	35	35
16,0	0,45	55	55	47	47

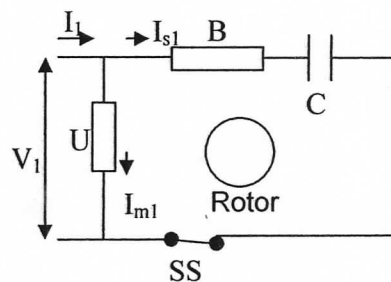
Kapasitor merupakan komponen yang amat sederhana dan tidak canggih ; yaitu terdiri dari dua pelat metal/logam dipisahkan satu sama lain dengan bahan isolasi. Tidak ada bagian yang bergerak , akan tetapi terdapat gaya yang bekerja sesuai fungsi dari kuat medan listrik. Kapasitor motor untuk motor induksi induksi satu fase dengan utama dihubungkan secara langsung ke catu daya dan kumparan Bantu dihubungkan seri dengan sebuah kapasitor. Ada tiga jenis motor induksi satu fase dengan menggunakan kapasitor sbb:<sup>5),6),7)</sup>

1. Split phase motor ( macam asut fasa belah) adalah rotor macam kurungan seperti motor tak serempak tiga fasa, tetapi statornya tambahan pada kumparan utama, mempunyai kumparan bantu (kumparan asut) terletak dengan sudut elektrik  $90^\circ$  dari kumparan utama seperti pada gambar 1. Karena kumparan bantu dibelit dengan menggunakan kawat yang lebih halus dan jumlah lilitan lebih sedikit dari pada kumparan utama, maka arus dari fasa berbeda sehingga medan magnetik putar terbentuk yang menyebabkan pengasutan, motor akan terus bekerja tanpa kumparan bantu, dan bila arus terus mengalir melalui kumparan bantu yang terbuat dari kawat halus akan terbakar. Karena itu pada 70 % sampai 80 % perputaran nominal saklar sentrifugal (SS) atau rele bekerja secara otomatis memutus hubungan kumparan bantu ( B) dari rangkaian.



Gambar. 1. Tipe Split phase

2. Capacitor start motor ( macam asut kapasitor). Struktur mekanis dari motor sama seperti pada split phase motor , akan tetapi kumparan asut menggunakan kawat sekitar 5 kali lebih tebal dari pada yang dipakai pada kumparan utama. Kapasitor asut (C) dipasang seri dengan kumparan bantu (B) seperti pada gambar 2. Arus mendahului mengalir dalam kumparan bantu yang memperbesar beda fasa. Bila kapasitor asut mengalirkan arus cukup lama, kapasitor akan rusak, karena itu setelah pengasutan selesai, saklar sentrifugal (SS) membuka secara otomatis.

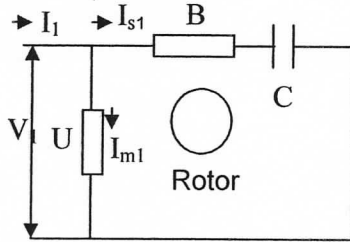


Gambar 2. Tipe kapasitor start motor

serupa dengan split phase motor. Perbedaan mendasar bahwa kapasitor dihubungkan seri dengan kumparan bantu. Torsi rotor dan torsi pemercepat adalah lebih besar lebih besar dari pada split phase motor dan penggunaan motor ini pada pompa dan kompresor udara.

3. Permanent split motor ( macam jalan kapasitor) seperti gambar 3 adalah serupa dengan kapasitor start motor, tetapi tidak dilengkapi dengan saklar sentrifugal(SS), maka kumparan utama dan kumparan bantu dienergi secara kontinu. Faktor daya motor ini lebih besar dibandingkan dengan motor satu fasa diatas. Karena kapasitor yang dipakai dalam motor ini mempunyai arus yang mengalir normal selama beroperasi. Pengendalian kecepatan motor ini memungkinkan dapat dilakukan dengan variasi tegangan karena kedua kumparan dienergi secara kontinu dan

dapat digunakan untuk penggunaan torsi yang bervariasi.



Gambar 3. Tipe permanent split

Untuk menentukan besarnya kapasitor yang digunakan pada motor induksi satu fase dapat ditentukan dengan menggunakan formula berikut <sup>5)</sup>:

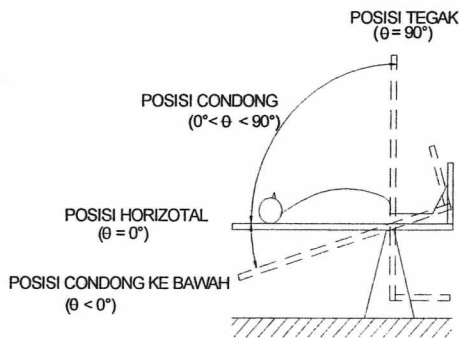
$$C = \frac{159300}{f} \times \frac{A}{V} \mu F \dots\dots\dots 5)$$

dengan :

- f = frekuensi dalam Hertz
- A = Arus listrik dalam Amper
- V = Tegangan dalam volt

**3. METODE PERANCANGAN**

Skema pergerakan meja pasien peralatan sinar-X seperti pada gambar 4. <sup>8)</sup>



Gambar 4. Penandaan untuk posisi tegak, condong, horisontal dan condong kebawah

Tahapan perancangan pergerakan meja pasien sebagai berikut :

- Pergerakan bagian atas meja pasien kearah ke kiri dan ke kanan minimal 150

mm diukur dengan meteran pita baja dari masing-masing ujung meja tersebut.

- Pergerakan meja pasien tegak dan condong: posisi tegak 90° dan condong ke bawah -15°, diukur dengan menggunakan busur derajat dari posisi horisontal.

- Penempatan limit switch LS1 dan LS 2 pada sisi posisi bagian atas meja pasien, dimana limit switch ini dapat disentuh ketika meja pasien bergerak secara horisontal.

- Penempatan limit switch LS3 dan LS 4 pada posisi bagian kaki meja, limit switch ini dapat disentuh ketika bagian kaki meja tersebut berputar.

Untuk merancang sistem ini, pertama – pertama menentukan daya motor induksi satu fase yang digunakan sebagai penggerak meja pasien untuk pesawat sinar - X. sebagai berikut:

- Menentukan penggerak meja pasien horisontal

a). Menghitung putaran yang dibutuhkan untuk menggerakkan meja pasien dengan rumus 1) berikut :

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{1934}{3,14 \cdot 18} = 34 \text{ rpm}$$

v = 1934 mm / menit  
d = 18 mm

b) Menentukan torsi yang dibutuhkan dengan rumus 2) berikut :

$$T = F \cdot \frac{d}{2} = 250 \cdot \frac{18}{2} = 2250 \text{ kg.mm}$$

F = 250 kg

c) Menentukan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan meja pasien dengan rumus 3) berikut :

$$P_d = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{1000 \cdot 60 \cdot 102} = \frac{2250 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 34}{1000 \cdot 60 \cdot 102}$$

$$P_d = 0,0785 \text{ kw} = 78,5 \text{ watt}$$

Dengan asumsi efisiensi motor (M<sub>1</sub>) 0,65 % maka daya :

$$P_m = \frac{78,5}{0,65} = 120,8 \text{ watt}$$

*Stationary  
(in running)  
state, not  
in initial  
state.*

- Untuk menentukan penggerak meja pasien berputar sebagai berikut :

a).Menentukan putran yang dibutuhkan dengan rumus 1) :

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{2040}{3,14 \cdot 321} = 2 \text{ rpm}$$

$v = 2040 \text{ mm/menit}$   
 $d = 321 \text{ mm}$

b).Menghitung torsi yang dibutuhkan dengan rumus 3) berikut :

$$T = F \left( \frac{d}{4} + \frac{1}{6} \frac{d}{4} \right) = 250 \left( \frac{1100}{4} + \frac{1}{6} \frac{1100}{4} \right)$$

$$T = 144450 \text{ kg.mm}$$

$d = 1100 \text{ mm}$

c).Menghitung daya yang diperlukan menggerakkan meja pasien dengan rumus 4) berikut::

$$P_d = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{1000 \cdot 60 \cdot 102} = \frac{144450 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 2}{1000 \cdot 60 \cdot 102}$$

$P_d = 0,3 \text{ kw}$

Dengan asumsi efisiensi motor ( $M_2$ ) 0,65 % maka daya motor ( $M_2$ ):

$$P_m = \frac{300}{0,65} = 461,3 \text{ watt}$$

Dari Tabel 2 dipilih daya motor  $M_1$  200 Watt dan daya motor  $M_2$  500 watt dan masing-masing arus pengenal sebesar 1,7 A dan 2,95 A. Arus ini akan digunakan untuk menentukan besarnya kapasitor yang dipasang pada motor induksi satu fase dengan frekuensi 50 Hz. Kapasitas kapasitor dapat ditentukan dengan menggunakan rumus 5).

Kapasitas-kapasitor motor induksi  $M_1$

$$C = \frac{159.000}{f} \times \frac{A}{V} \mu F$$

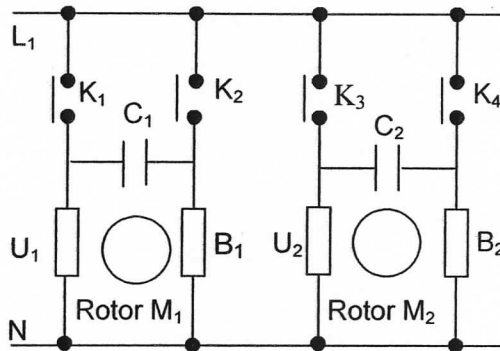
$$C = \frac{159.000}{50} \times \frac{1,7}{220} = 24,57 \mu F$$

Kapasitas-kapasitor motor induksi  $M_2$

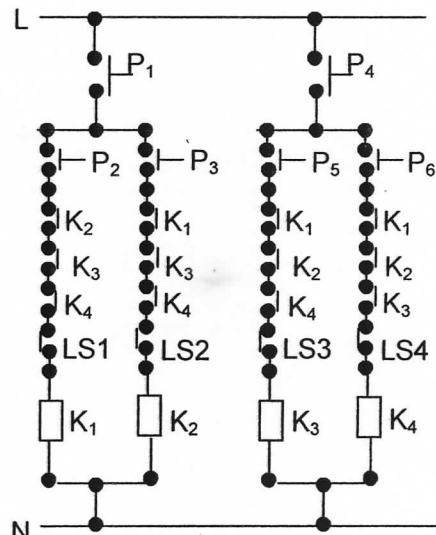
$$C = \frac{159.000}{f} \times \frac{A}{V} \mu F$$

$$C = \frac{159.000}{50} \times \frac{5,7}{220} = 82,39 \mu F$$

Diagram pengkawatan dan pengasutan seperti pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Diagram pengkawatan motor induksi 1 fase  $M_1$  dan  $M_2$



Gambar 6. Diagram pengasutan pembalikan putaran motor  $M_1$  dan  $M_2$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

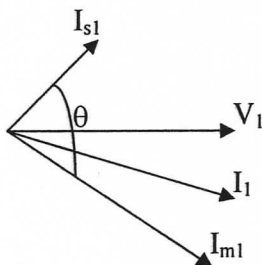
Dari ketiga tipe motor induksi satu fase diatas yang dapat digunakan untuk menggerakkan meja pasien secara horisontal dan berputar adalah motor induksi tipe permanent split capacitor seperti pada gambar 3.

Pada motor induksi tipe permanent split capacitor ini tidak tersedia solenoid

switch(SS) sehingga motor ini beroperasi dengan kumparan utama dan kumparan bantu. Pada rancangan dilengkapi dengan kontaktor magnet untuk mempertukarkan hubungan kapasitor dengan kumparan utama dan kumparan bantu. Jenis motor induksi satu fase lainnya tidak dapat digunakan karena motor ini setelah mencapai putaran tertentu solenoid switch terbuka sehingga hanya kumparan utama yang digunakan dan kumparan bantu hanya digunakan pada saat pengasutan.

Bila tombol tekan start  $P_2$  selama ditekan, pada gambar 5 dan 6. maka koil  $K_1$  dienergi, koil normally closed  $K_1$  membuka, motor  $M_1$  beroperasi untuk menggerakkan meja pasien kearah kepala pasien (kekiri) seperti pada gambar 4, dan jika meja ini menyentuh limit switch ( $LS_1$ ), maka motor induksi fasa satu ini ( $M_1$ ) berhenti menggerakkan meja pasien tersebut.

Pada keadaan ini kapasitor  $C_1$  terhubung seri dengan kumparan bantu  $B_1$  lihat gambar 5, sehingga arus kumparan utama ( $I_{m1}$ ) terlambat  $\theta_1^\circ$  terhadap arus kumparan bantu ( $I_{s1}$ ) seperti pada gambar 7.

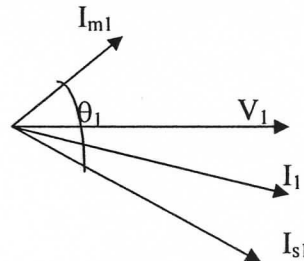


Gambar .7 Vektor diagram  $I_{m1}$  terlambat terhadap  $I_{s1}$  sebesar  $\theta_1^\circ$

Bila tombol tekan start  $P_3$  selama ditekan, maka koil  $K_2$  dienergi, dan koil normally closed  $K_2$  membuka, maka motor  $M_1$  beroperasi untuk menggerakkan meja sinar-X kearah kaki pasien seperti gambar 4, dan jika meja ini menyentuh limit switch  $LS_2$ , maka

motor tersebut berhenti menggerakkan meja sinar-X tersebut

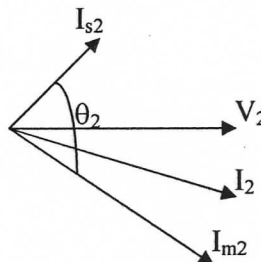
Pada keadaan ini kapasitor  $C_1$  terhubung seri dengan kumparan utama ( $U_1$ ) sehingga arus kumparan bantu ( $I_{s1}$ ) terlambat  $\theta_1^\circ$  terhadap arus kumparan utama ( $I_{m1}$ ), seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Vektor diagram  $I_{s1}$  terlambat terhadap  $I_{m1}$  sebesar  $\theta_1^\circ$

Demikian juga bila tombol start  $P_5$  selama ditekan, koil  $K_3$  dienergi, dan koil normally closed  $K_4$  membuka, maka motor induksi satu fase  $M_2$  akan beroperasi untuk menggerakkan meja pasien berputar searah putaran jam dan jika motor ini menyentuh limit switch  $LS_3$ , maka motor ini berhenti menggerakkan meja tersebut.

Pada keadaan ini kapasitor  $C_2$  terhubung seri dengan kumparan bantu  $C_2$  seperti pada gambar 5, sehingga arus kumparan utama ( $I_{m2}$ ) terlambat  $\theta_2^\circ$  terhadap arus kumparan bantu ( $I_{s2}$ ) seperti pada gambar 9.

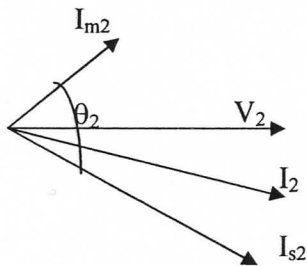


Gambar.9 Vektor diagram  $I_{m2}$  terlambat terhadap  $I_{s2}$  sebesar  $\theta_2^\circ$

Bila tombol start  $P_6$  selama ditekan, koil  $K_4$  dienergi, dan koil normally closed  $K_3$  membuka dan motor  $M_2$  beroperasi

untuk menggerakkan meja sinar-X berputar berlawanan putaran jam, dan jika meja ini menyentuh limit switch  $LS_4$ , maka motor induksi satu fase,  $M_2$  ini akan berhenti menggerakkan meja tersebut.

Pada keadaan ini kapasitor  $C_2$  terhubung sei dengan kumparan utama  $U_2$  lihat gambar 5, sehingga arus kumparan bantu  $I_{s2}$  terlambat  $\theta_2^\circ$  terhadap arus kumparan utama  $I_{m2}$ . seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Vektor diagram  $I_{s1}$  terlambat terhadap  $I_{s2}$  sebesar  $\theta_2^\circ$

Bila tombol  $P_1$  dan  $P_3$  atau tombol  $P_2$  dan  $P_4$  ditekan secara bersamaan maka motor  $M_1$  dan  $M_2$  tidak dapat beroperasi secara serentak, bila tombol  $P_1$  dan  $P_2$  ditekan secara bersamaan maka motor  $M_1$  tidak dapat beroperasi, demikian juga bila  $P_3$  dan  $P_4$  ditekan bersamaan maka motor  $M_2$  tidak dapat beroperasi, seperti terlihat pada gambar 6.

## 5. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Untuk menggerakkan meja pasien secara horisontal dan berputar diperlukan daya motor induksi  $M_1$  dan  $M_2$  masing – masing 200 watt, dan 500 watt serta kapasitas kapasitor sebesar  $24,57 \mu F$  dan  $82,39 \mu F$  serta 4 kontaktor magnetik .
- 2). Pada rancangan ini dilengkapi tombol stop 2 buah dan tombol start 4 buah, seperti pada gambar 6. dan juga dilengkapi dengan pemutus daya (pemutus tenaga) dengan kapasitas

15 Amper seperti pada Tabel 2, dan menggunakan kabel dengan penampang konduktor sebesar  $1,5 \text{ mm}^2$  atau  $2,5 \text{ mm}^2$  seperti pada Tabel 3.

## 6. ACUAN

1. **PROF.TS.MHD. SOELAIMAN**, Mabuchi Magariswa, Mesin tak serempak dalam praktek, PT Pradnya Pramita ,Jakarta, 1995
2. **IR.ANWAR, DRS. MOH. RAFFEI**, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
3. **ESWAR U.S**, Handbook of Electrical Control System, Tata, M.C.Graw Hill Publishing company Limited, 1990
4. **PROF.IR.ABDUL KADIR**, Mesin Tak Serempak, Penerbit Djambatan ,1986
5. **ROBERT ROSENBERG**. August Hand ,Electrical motor repair, Third Edition 1987
6. **SYED.A.NASAR**, University of Kentucky, Electric Machines and Power system, McGraw-Hill, Inc.1995
7. **A.E.FITZGERALD, CHARLES KINGSLEY, JR.STEPHEN D.UMANS, IR. DJOKO ACHYANTO, M.SC.EE**.Mesin-mesin Listrik Edisi keempat, Penerbit Erlangga 1997
8. Japanese Industrial Standard, X-ray Tables and Stand for Medical Use, JIS Z- 4904-1988