

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 :¹⁾

- 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 ³⁾

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

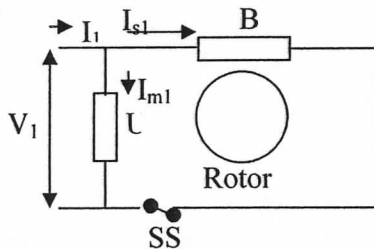
Luas penampang konduktor tembaga yang digunakan untuk motor induksi ini berdasarkan tabel 2.

Tabel 2. Peringkat arus maksimum untuk berbagai luas penampang konduktor tembaga fleksibel ⁴⁾

Luas penampang konduktor, mm ²	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

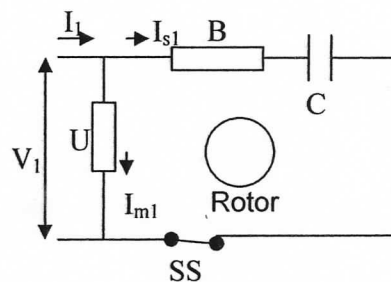
Kapasitor merupakan komponen yang amat sederhana dan tidak canggih ; yaitu terdiri dari dua pelat metal/logam dipisahkan satu sama lain dengan bahan isolasi. Tidak ada bagian yang bergerak , akan tetapi terdapat gaya yang bekerja sesuai fungsi dari kuat medan listrik. Kapasitor motor untuk motor induksi 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:^{5),6),7)}

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° 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.

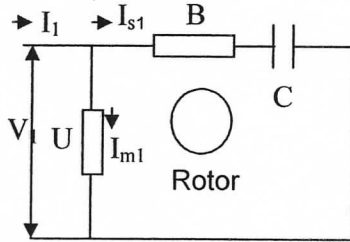


Gambar 2. Tipe kapasitor start motor

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 ⁵⁾:

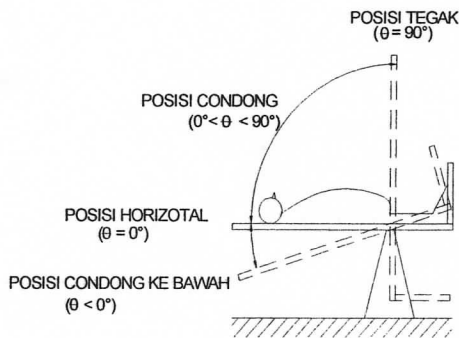
$$C = \frac{159300}{f} \times \frac{A}{V} \mu F \dots\dots\dots 5)$$

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. ⁸⁾



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 :

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

$$v = 1934 \text{ mm / menit}$$

$$d = 18 \text{ mm}$$

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

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

$$F = 250 \text{ kg}$$

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

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

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

Dengan asumsi efisiensi motor (M₁) 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 putaran 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

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

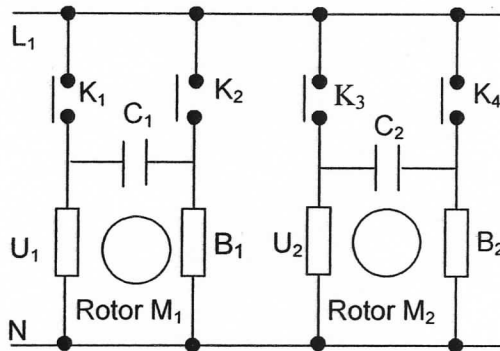
$$C = \frac{159.000}{50} \times \frac{1,7}{220} = 24,57 \mu F$$

Kapasitas-kapasitor motor induksi M_2

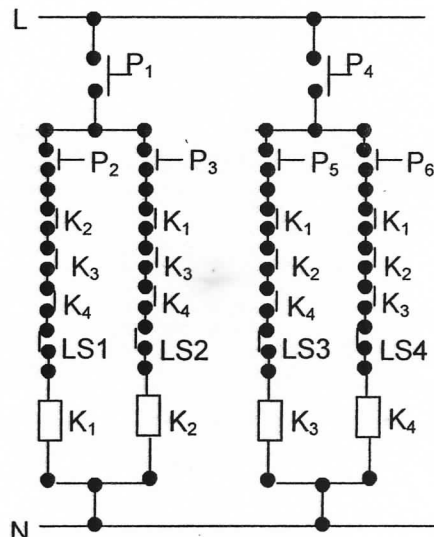
$$C = \frac{159.000}{f} \times \frac{A}{V} \mu F$$

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

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

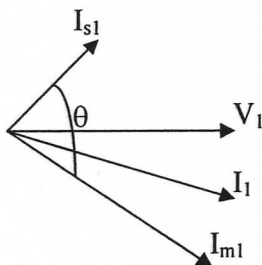
Dari ketiga tipe motor induksi satu fase diatas yang dapat digunakan untuk menggerakkan meja pasien secara horisontal dan berputar adalah motor induksi tipe permanent split capacitor seperti pada gambar 3.

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 θ_1° terhadap arus kumparan bantu (I_{s1}) seperti pada gambar 7.

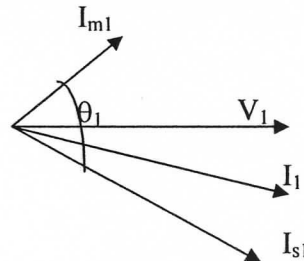


Gambar .7 Vektor diagram I_{m1} terlambat terhadap I_{s1} sebesar θ_1°

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

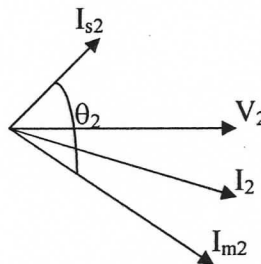
Pada keadaan ini kapasitor C_1 terhubung seri dengan kumparan utama (U_1) sehingga arus kumparan bantu (I_{s1}) terlambat θ_1° terhadap arus kumparan utama (I_{m1}), seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Vektor diagram I_{s1} terlambat terhadap I_{m1} sebesar θ_1°

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 θ_2° terhadap arus kumparan bantu (I_{s2}) seperti pada gambar 9.

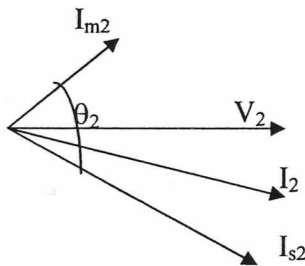


Gambar.9 Vektor diagram I_{m2} terlambat terhadap I_{s2} sebesar θ_2°

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 θ_2° terhadap arus kumparan utama I_{m2} . seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Vektor diagram I_{s1} terlambat terhadap I_{s2} sebesar θ_2°

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 μF dan 82,39 μF serta 4 kontaktor magnet .

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 mm^2 atau 2,5 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