

EVALUASI SISTEM TRANSMISI GERAK DETEKTOR VERTIKAL DAN GERAK ISOTOP HORIZONTAL PERANGKAT PENCACAH RADIOISOTOP IMMUNOASSAY

Sanda¹

¹ PRPN-BATAN, Komplek Puspiptek Gd.71 Serpong, Tangerang 15310

ABSTRAK

EVALUASI SISTEM TRANSMISI GERAK DETEKTOR VERTIKAL DAN GERAK ISOTOP HORIZONTAL PERANGKAT PENCACAH RADIOISOTOP IMMUNOASSAY. Telah dibuat prototip sistem transmisi gerak detektor vertikal dan gerak isotop horizontal. Proses pencacahan isotop ¹²⁵I_HBsAg dengan radioaktivitas maksimum 260 kBq atau setara 10 µCi oleh detektor NaI(Tl) harus terjadi pada kondisi yang tepat, yaitu garis sumbu detektor harus satu sumbu dengan tabung isotop, padahal gerak horizontal dilakukan dengan cara menggerakkan motor yang bergerak ke arah kiri secara bertahap dengan jarak langkah 45 mm dan motor vertikal menggerakkan detektor untuk proses pencacahan naik dan turun dengan jarak langkah 30 mm untuk proses penggantian isotop baru, sehingga diperoleh gerak mekanik vertikal dan horizontal yang harmonis. Gerak mekanik vertikal dan horizontal sering bermasalah, yaitu bergeser akibat yang ditimbulkan oleh start putaran motor yang tidak bersamaan, adanya sisa putaran motor dan kurangnya kepresisian poros transportir dengan mur pembawa beban. Untuk itu, maka dipilih motor yang mempunyai kemampuan kerja yang presisi, yaitu motor servo AC dan poros transportir dengan tingkat kepresisian yang tinggi, yaitu buatan pabrik dengan suaian transisi. Hasil pengujian diperoleh pada jarak langkah gerak vertikal 30 mm ditempuh dalam waktu 811 milidetik dan pada jarak 45 mm ditempuh dalam waktu 2485 milidetik.

Kata kunci : transmisi, isotop, detektor.

ABSTRACT

EVALUATION TRANSMISSION SYSTEM DESIGN AND MOTION DETECTOR VERTICAL AND HORIZONTAL MOTION ISOTOPE AT DEVICE COUNTER OF RADIOISOTOPE IMMUNOASSAY. It has been constructed prototipe transmission system motion detector vertical and horizontal movement of the isotope. Scanning process isotopes by the detectors must occur in the right conditions, namely the axis line detector with the isotope tube axis must be one, whereas the horizontal motion is done by moving the motor to move gradually towards the left with a distance of 45 mm steps, while the detector motor moves up to process scanning and move down a distance of 30 mm steps to the process of replacement of a new isotope, untill to obtain vertical and horizontal motion of mechanical harmony. Vertical and horizontal mechanical motion is often problematic due to rotation caused by a motor that does not start simultaneously, the remaining rounds and the lack of precision motor shaft with a nut carrier transporting the load. To that end, the selected motor that has the ability to precision work, such as AC servo motor and transporting shaft with high precision, that is manufactured with a fitting transition. The test results obtained at a distance of 30 mm vertical motion steps taken within 811 milliseconds and at a distance of 45 mm taken in 2485 milliseconds.

Keywords : transmission, isotope, detector.

1. PENDAHULUAN

Bila dua sistem bergerak menuju satu titik, baik dalam posisi horisontal maupun posisi vertikal, maka pertemuan dari dua arah berbeda tersebut harus bertemu tepat pada titik itu dan tidak boleh terjadi pergeseran. Sistem transmisi gerak detektor vertikal dan gerak isotop horisontal merupakan perpaduan dua gerak komponen mekanik yang bertemu pada suatu titik dan terjadi secara berulang-ulang, terus menerus dan tidak boleh meleset sama sekali dari titik pertemuan tersebut, apabila terjadi perubahan pada titik pertemuannya, maka akan berakibat posisi tabung tidak tegak lurus terhadap lubang detektor, hal ini bisa berakibat rancunya hasil pencacahan dan tabung uji bisa tumpah, karena lepas dari posisi lubang scanning. Sedangkan radioisotop yang digunakan untuk mendeteksi sampel selalu memancarkan radiasi di manapun berada dengan mudah dideteksi. Radioisotop ibarat lampu yang tidak pernah padam senantiasa memancarkan cahayanya. Radioisotop dalam jumlah sedikit sekali pun dapat dengan mudah diketahui keberadaannya.

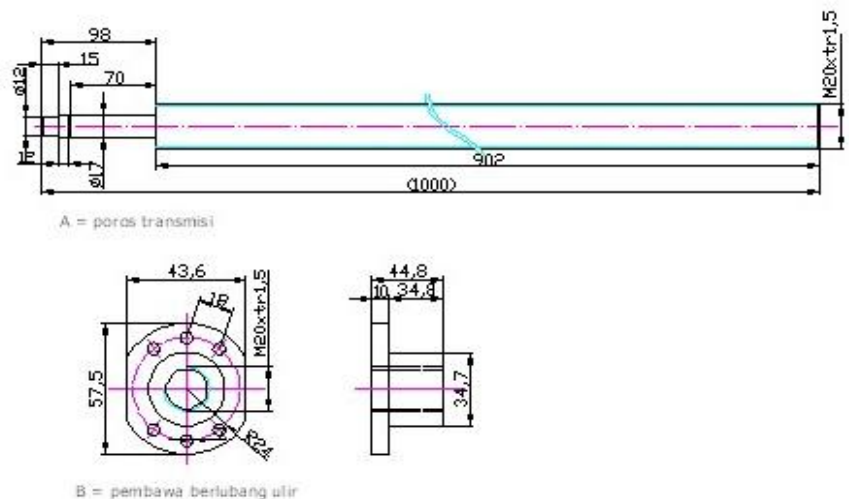
Dalam sistem mekanik masalah yang sering timbul adalah terjadinya pergeseran pada titik pertemuan, walaupun sistem tersebut telah dilengkapi dengan limit switch yang sangat berguna sebagai *setting point*. Kondisi terjadinya pergeseran ini dianggap penting dalam sistem mekanik, karena akan berpengaruh terhadap hasil pencacahan. Adapun tujuan perancangan ini adalah untuk mendapatkan gambar rancangan yang dapat diwujudkan menjadi sebuah prototipe dan menguji sistem mekanik yang dapat dijadikan sebagai pegangan. Penelitian ini melingkupi atas desain sistem mekanik dan perhitungan motor servo sebagai penggerak poros

transporter. Sedangkan hasil yang diharapkan dalam rancang bangun ini adalah sebuah rancangan sistem mekanik dan motor servo yang dapat bekerja secara harmonis dan terwujudnya prototipe sistem transmisi gerak detektor vertikal dan gerak isotop horisontal.

2. DASAR TEORI

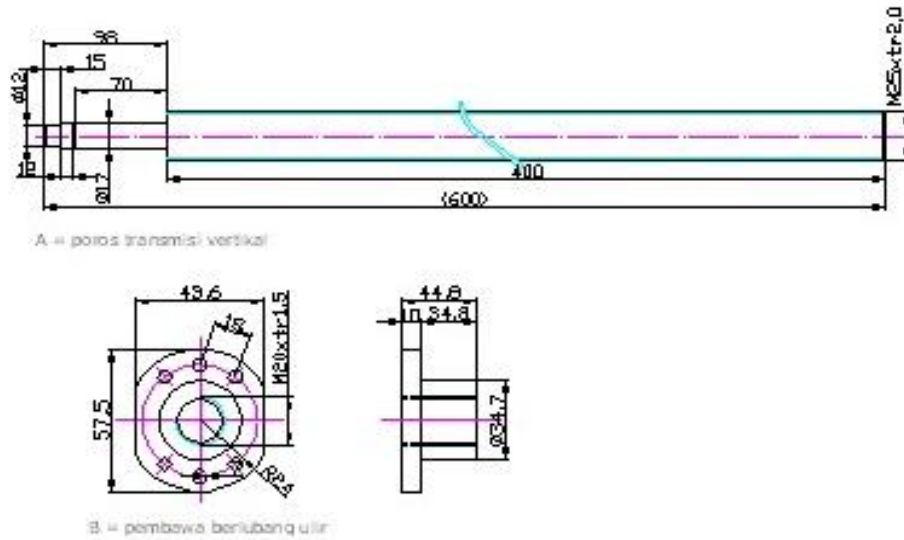
Rancangan bangun dari prototip ini dilakukan terhadap gerak vertikal detektor dan gerak horisontal tabung isotop. Pada gerak vertikal detektor terdapat sistem transmisi motor yang menggerakkan detektor turun naik, sedangkan gerak horisontal menggerakkan panel tabung radioisotop. Panel tabung radioisotop dapat bergerak ke kiri ke kanan dengan perantara motor servo yang menggerakkan poros transmisi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Poros transmisi gerak

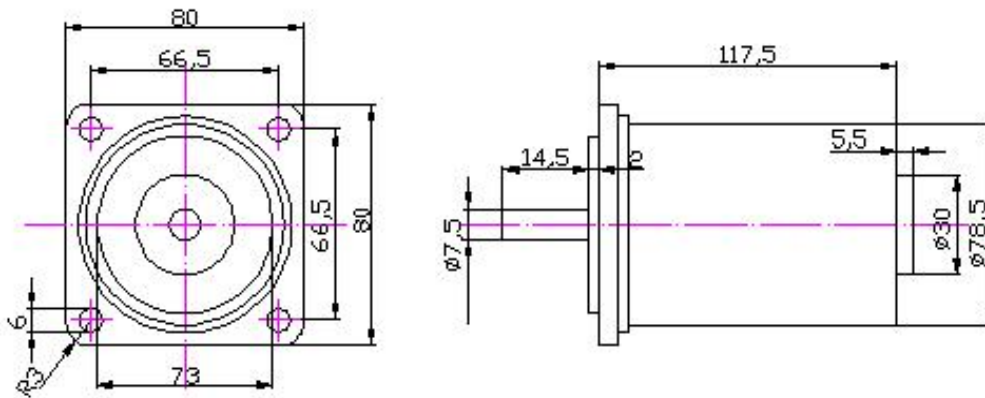


Horisontal

Sedangkan gerak vertikal naik turun detektor digerakkan oleh motor servo dengan perantara poros transmisi yang menggerakkan casing pemegang detektor, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



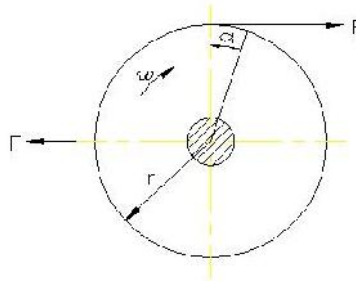
Gambar 2. Poros transmisi gerak vertikal



Gambar 3. Motor penggerak poros transmisi

Baik poros gerak horisontal maupun poros transmisi gerak vertikal berfungsi untuk memindahkan beban dari satu tempat ke tempat yang lain secara bolak balik, sehingga poros menjadi terpuntir (berputar) dan mengalami bengkokan, disamping itu dari adanya pengaruh dari bobot diri poros yang panjang juga menimbulkan defleksi dan getaran, akibat putaran motor yang relatif

kencang. Untuk menghitung diameter poros transmisi, terlebih dahulu diketahui besar daya yang akan digunakan untuk memindahkan beban dan besar putaran motor, sehingga momen puntir yang akan dipindahkan dapat ditentukan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara gaya keliling dan kecepatan sudut

Gaya keliling F yang bekerja pada lingkaran dengan jari-jari r , merupakan suatu kopel yang momennya $M_w = F \cdot r$. Apabila gaya keliling sepanjang lingkaran dengan jari-jari r menempuh jarak melalui sudut titik tengah α (rad), maka jarak ini adalah $r \cdot \alpha$, maka kerja/usaha yang dilakukan adalah :

$$W = F \cdot r \cdot \alpha = M_w \cdot \alpha \quad (1)$$

dengan :

W = Usaha yang terjadi, kgm

F = gaya keliling, kg

r = jari-jari lingkaran, m

α = sudut gaya keliling, rad

Sedangkan daya yang dibutuhkan adalah

$$P = \frac{W}{t} = M_s \frac{r}{t} = M_s \dot{\alpha} \quad (2)$$

dengan :

P = daya motor, Watt

$\dot{\alpha}$ = kecepatan sudut, rad/detik

bila $\dot{\alpha}$ dikonversi menjadi

kecepatan putar (rpm), maka persamaannya :

$$\dot{\alpha} = \frac{60v}{2\pi \cdot r}$$

t = waktu, detik

M = Momen puntir, kgm

Puntiran yang terjadi, yaitu

$$\tau_s = \frac{M_s}{W_s} \quad (3)$$

dengan :

τ_s = Tegangan puntir, N/mm²

$\tau_s = 23 - 34 \text{ N/mm}^2$ diambil = 25 N/mm²

W_s = Momen tahanan puntir, mm³

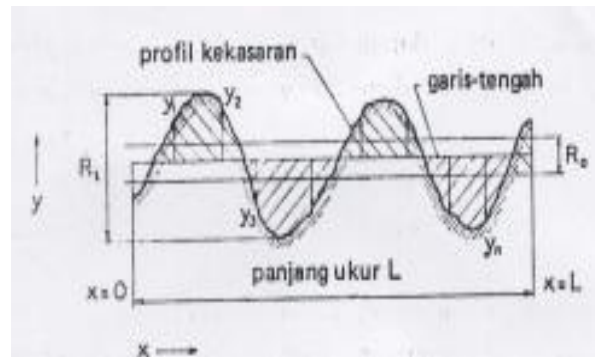
Dan untuk menentukan besarnya momen tahanan puntir dapat ditentukan sebagai berikut :

$$W_s = 0,2d^3 \quad (4)$$

dengan :

d = diameter poros motor, mm

Sedangkan konstruksi poros transmisi yang menggerakkan mur pembawa harus mempunyai kualitas permukaan dengan tingkat kekasaran/kehalusan yang tinggi dengan maksud agar gerak panel pembawa tabung isotop bisa halus, tanpa adanya getaran yang dapat menyebabkan bergesernya posisi tabung isotop. Sebagaimana digambarkan tentang kekasaran permukaan yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil kekasaran permukaan

Garis tengah dalam Gambar 5. menunjukkan profil gelombang yang ditarik lurus dengan harga kekasaran R_a sama dengan harga mutlak rata-rata untuk jarak pada y_1, y_2, \dots, y_n , dari titik-titik profil

kekasaran sampai garis tengah, yang diukur tegak lurus pada garis tengah, dengan persamaan :

$$R_a = \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} |y| dx \quad (6)$$

dengan pendekatan :

$$R_a \approx \frac{\sum |y_i|}{n} = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n} \quad (7)$$

Kemudian dalamnya alur R_t profil permukaan yaitu jarak antara garis puncak dan garis lembah. Harga jarak ini kurang lebih sama dengan empat harga kekasaran R_a ($R_t \approx 4R_a$), sebagai pedoman dapat digunakan harga rata-rata kekasaran pada Tabel 1.³⁾

Tabel 1. Harga rata-rata kekasaran (R_a)

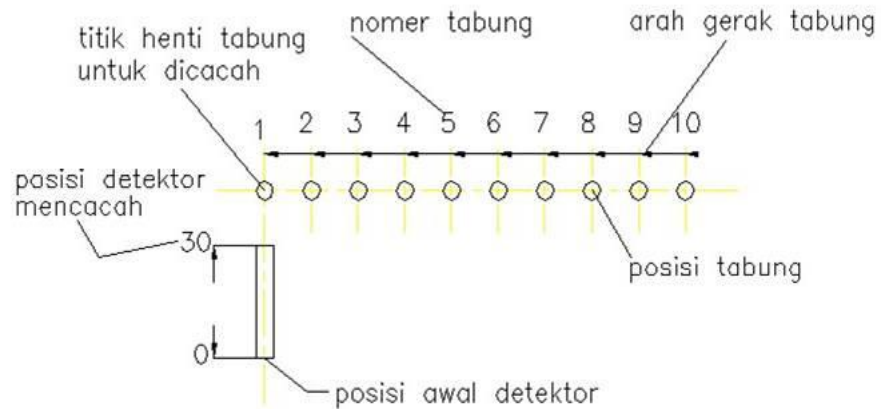
No.	Harga kekasaran (μm)	Harga kekasaran (μin)	Nomer tingkat kekasaran
1.	0,025	1	N1
2.	0,05	2	N2
3.	0,1	4	N3
4.	0,2	8	N4
5.	0,4	16	N5
6.	0,8	32	N6
7.	1,6	63	N7
8.	3,2	125	N8
9.	6,3	250	N9
10.	12,5	500	N10
11.	25	1000	N11
12.	50	2000	N12

Keterangan : μm = mikrometer μin = mikroinch

Adapun pilihan suaian yang diterapkan untuk memilih harga kekasaran dimulai dari 0,025 μm sampai dengan 50 μm dan nomer tingkat kekasaran dari N1 sampai dengan N12 dengan berpedoman

pada tabel suaian sistem basis lubang atau sistem basis poros¹⁾.

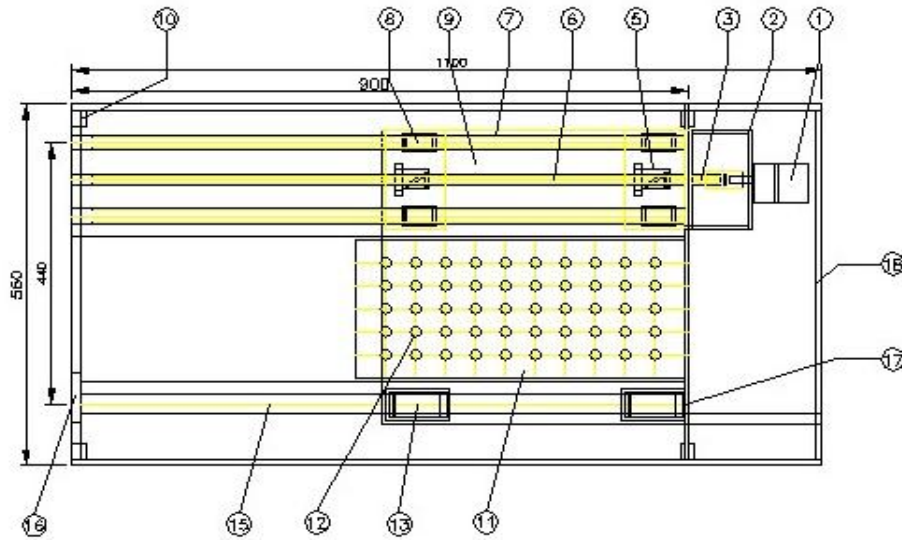
Pada gerak horisontal tabung dan gerak vertikal detektor yang digerakan oleh motor servo ditentukan oleh putaran motor terhadap besarnya ukuran diameter poros, sehingga bisa didapatkan



pertemuan yang tepat atau presisi antara gerak horisontal dan gerak vertikal, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Titik temu gerak horisontal tabung isotop dan vertikal detektor

Gambar diatas menjelaskan tentang hubungan antara gerak horisontal tabung isotop dengan gerak vertikal detektor. Pada saat tabung nomer 1 sampai pada titik henti tabung, detektor bergerak (0 – 30) dari posisi 0 ke 30, lalu mencacah isotop yang ada dalam tabung, setelah proses pencacahan detektor turun ke posisi 0 dan tabung isotop nomer 2 bergerak ke titik henti tabung untuk dicacah dan detektor bergerak lagi ke posisi 30, begitu selanjutnya sampai tabung isotop nomer 10, setelah itu rak tabung bergerak mundur untuk melakukan proses pencacahan awal dari nomer 1 kembali. Sedangkan Konstruksi mekanik pembawa isotop gerak horisontal ditunjukkan pada Gambar 7.

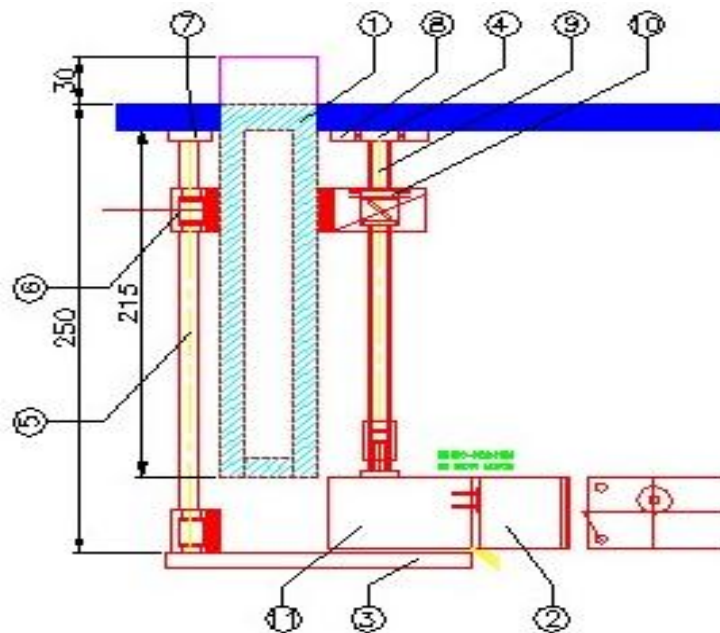


Keterangan :

- | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Motor servo horisontal linier axis | 2. Kedudukan motor | 3. Kopling motor |
| 5. Mur penggerak rak | 6. Poros transportir | 7. Rel roller sliding |
| 8. Roller sliding | 9. Kedudukan rel | 10. Kedudukan sistem transmisi |
| 11. Rak | 12. Kedudukan rak | 13. Roller sliding |
| 15. Rel roller sliding | 16. Kedudukan rel | |
| 17. Kedudukan sistem transmisi belakang | 27. Rangka horisontal chamber. | |

Gambar 7. Konstruksi mekanik pembawa isotop gerak horisontal

Dan untuk konstruksi detektor gerak vertikal ditunjukkan pada Gambar 8.



- | | | |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Array detektor | 2. Motor servo vertikal linier sistem | 3. Sistem kedudukan motor |
| 4. Bearing aksial | 5. Rel roller sliding | 6. Roller sliding |

7. Penguat atas rel 8. Penguat poros transportir 9. Poros transportir vertikal
10. Mur penggerak vertikal 11. Reduction gear.

Gambar 8. Konstruksi detektor gerak vertikal

3. HASIL DAN BAHASAN

Setelah prototip konstruksi pencacah RIA selesai dirangkai lalu dilakukan uji fungsi terhadap gerak motor servo, baik gerak horisontal maupun gerak vertikal dengan hasil uji sebagai berikut :

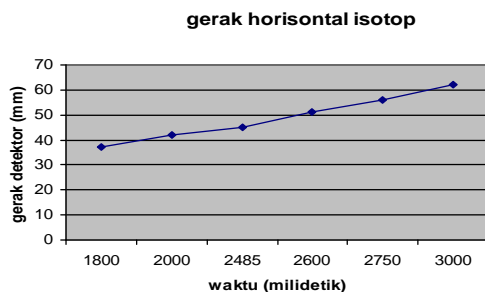
Tabel 1. Jarak langkah gerak horisontal Isotop (S)

NO	WAKTU (milidetik)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S4 (mm)
1.	1800	37,28	37,28	37,28	37,28
2.	2000	41,00	41,00	41,00	41,00
3.	2485	45,00	45,00	45,00	45,00
4.	2600	51,00	51,00	51,00	51,00
5.	2750	56,00	56,00	56,00	56,00
6.	3000	62,00	62,00	62,00	62,00

Tabel 2. Jarak langkah gerak vertikal detektor (S)

NO	WAKTU (milidetik)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S4 (mm)
1.	500	18,50	18,50	18,50	18,50
2.	750	26,00	26,00	26,00	26,00
3.	811	30,00	30,00	30,00	30,00
4.	1000	37,00	37,00	37,00	37,00
5.	1500	55,50	55,50	55,50	55,50
6.	2000	74,00	74,00	74,00 </td <td>74,00</td>	74,00

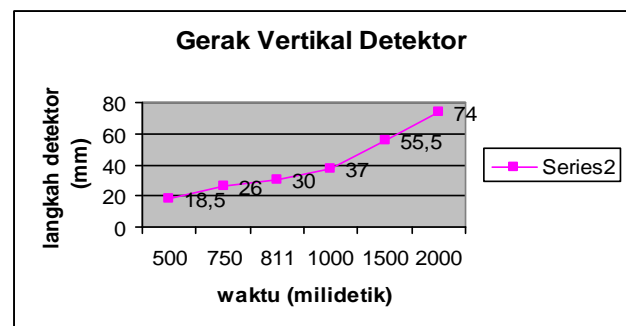
Dari tabel 1 dihasilkan grafik langkah gerak horisontal isotop yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik gerak horisontal isotop

Gambar 9, menunjukkan bahwa gerak horisontal isotop merupakan grafik linier, yaitu jarak antara lubang isotop sejauh

45 mm ternyata bisa dicapai selama selang waktu 2485 milidetik.

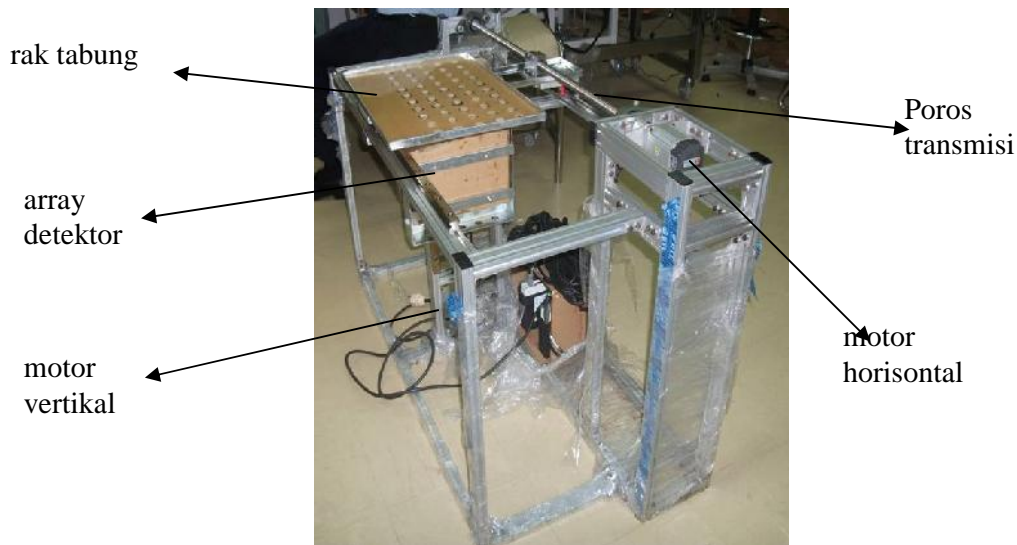


Dari tabel 2 dihasilkan grafik gerak vertikal detektor yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Gambar 10. Grafik gerak vertikal detektor

Sedangkan pada Gambar 10, menunjukkan bahwa gerak vertikal detektor juga merupakan grafik linier, dengan jarak posisi 0 mm ke 30 mm ditempuh oleh detektor dalam waktu 811 milidetik. Baik pada Gambar 8 dan 9 grafiknya menunjukkan garis linier dengan jarak sebagai fungsi waktu ($S = f(t)$).

Prototipe konstruksi sistem transmisi gerak detektor vertikal dan gerak horisontal pencacah radioisotop immunoassay yang telah selesai dirangkai ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Prototip konstruksi sistem transmisi gerak isotop horisontal dan gerak detektor vertikal

Dalam pembahasan ini ada beberapa data yang disajikan, diantaranya adalah :

- Besar beban yang digerakan motor horisontal dan vertikal = 5 kg

- Diameter poros transmisi vertikal = 25 mm (r = 12,5 mm)

- Diameter poros transmisi horisontal = 20 mm (r = 10 mm)

- Data motor adalah

- Jenis motor : motor servo AC
- Daya 400 W (MSMD low inertia 50 – 750 W)
- Putaran motor : 3000 rpm
- Tegangan input : 200 – 240 V
- Tegangan output : 100 V

single phase

Sedangkan perhitungan yang dihasilkan sebagai berikut :

Untuk penggerak horisontal :

1). Hasil pengujian (tabel 1) pada jarak 45 mm ditempuh selama 2485 milidetik, maka kecepatan yang dihasilkan $V_h = 18,11$ mm/detik.

2). Kecepatan putar motor yang terjadi :

$$\dot{S}_{Sh} = \frac{60.v}{2f.r}$$

$$\dot{S}_{Sh} = \frac{60.18,11}{2f.10}$$

$$\dot{S}_{Sh} = 17,3 \text{ rpm}$$

3) Momen puntir yang terjadi :

$$M_{Sh} = m.r$$

$$M_{Sh} = 5.10.20/2$$

$$M_{Sh} = 0,5 \text{ Nm}$$

sedangkan momen tahanan puntir yang terjadi :

$$W_s = \frac{M_{Sh}}{t_h}$$

$$W_s = \frac{0,5}{25}$$

$$W_s = 2 \text{ cm}^3$$

$$W_s = 2000 \text{ mm}^3$$

4) Besar poros yang dibutuhkan :

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{W_s}{0,2}}$$

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{2000}{0,2}}$$

$$d_h = 21,54 \text{ mm}$$

$$P = \frac{W}{t} = M_s \frac{r}{t} = M_s \dot{S}$$

$$P_h = 0,5.17,3$$

5). Daya yang dibutuhkan sebesar :

$$P_h = 8,65 \text{ W}$$

Untuk penggerak vertikal :

1). Hasil pengujian (tabel 2) Pada jarak 30 mm ditempuh selama 811 milidetik, maka kecepatan yang dihasilkan

$$V_h = 36,99 \text{ mm/detik.}$$

2). Kecepatan putar motor yang terjadi :

$$\tilde{S}_{S_v} = \frac{60.36,99}{2f.12,5}$$

$$\tilde{S}_{S_v} = 28,3 \text{ rpm}$$

3) Momen puntir yang terjadi :

$$M_{S_v} = 5.10.25/2$$

$$M_{S_v} = 0,625 \text{ Nm}$$

sedangkan momen tahanan puntir yang terjadi :

$$W_v = \frac{M_{S_v}}{t_v}$$

$$W_v = \frac{0,625}{25}$$

$$W_v = 2,5 \text{ cm}^3$$

$$W_v = 2500 \text{ mm}^3$$

4) Besar poros yang dibutuhkan :

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{W_s}{0,2}}$$

$$d_v = 23,21 \text{ mm}$$

5). Daya yang dibutuhkan sebesar :

$$P = \frac{W}{t} = M_s \frac{r}{t} = M_s \tilde{S}$$

$$P_v = 0,625.28,3$$

$$P_v = 17,69 \text{ W}$$

Adapun profil permukaan yang menunjukkan tingkat kekasaran/kehalusan permukaan yang dihubungkan dengan suaian hubungan antara lubang dan poros ditentukan sebagai berikut :

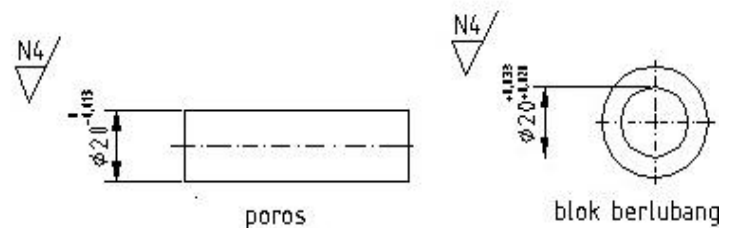
$$R_a \approx \frac{\sum |y_i|}{n} = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n}$$

$$Ra = 0,2625 \text{ } \mu\text{m}$$

Kekasaran permukaan diperoleh $R_a = 0,2625 \text{ } \mu\text{m}$, harga ini setara dengan kehalusan permukaan N4 dengan proses mesin seperti "superfine turning, peripheral grinding atau super finishing". Sedangkan suaian yang dipilih sistem basis poros dengan jarak antara diameter

poros 18 mm sampai dengan 30 mm, yaitu h6/F6. Untuk poros h6 mempunyai toleransi $-0,013 \text{ mm}$ sampai dengan 0 dan untuk lubang F6 mempunyai toleransi $+0,020 \text{ mm}$ sampai $+0,033 \text{ mm}$. Untuk aplikasinya ditunjukkan pada Gambar 12.

Gambar 12. Aplikasi toleransi suaian pada poros dan lubang poros



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian gerak horisontal jarak yang harus dicapai 45 mm dapat dicapai selama 2485 milidetik dan pada gerak vertikal jarak yang harus dicapai 30 mm dapat dicapai selama 811 milidetik. Kondisi ini menunjukkan bahwa putaran motor servo yang dikopel dengan poros transmisi yang berbeda ukuran dapat bekerja mencapai jarak yang diinginkan, sesuai dengan inputan waktu yang telah ditentukan. Adapun daya motor yang dibutuhkan 8,65 W dan 17,69 W, sedangkan daya minimal yang tersedia sebesar 50 W, tentunya kondisi ini sangat aman untuk pemakaian motor servo dan tingkat kekasaran permukaan poros transmisi adalah N4 (proses pengerjaan menggunakan mesin *superfine turning*) dengan suaian sistem basis poros pada jenis suaian transisi.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. "GAMBAR TEKNIK", PEDC Bandung, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1984.
2. STOLK Jac. Ir. dan KROS C. Ir., "ELEMEN MESIN, ELEMEN KONSTRUKSI DARI BANGUNAN MESIN", Erlangga, Jakarta, 1984.
3. Warren J. Luazadder, "MENGAMBAR TEKNIK", Erlangga, Jakarta, 1986.

4. Trikha S.N., "MACHINE DESIGN EXERCISES", Khanna Publishers, Delhi, 1983.
5. Sularso dan Kiyokatsu Suga, "DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1997.
6. Sanda, "RANCANGAN MEKANIK TRANSMISI DETEKTOR DAN SUMBER PEMINDAI GAMMA", Jurnal Perangkat Nuklir, Vol 02, nomor 04, 2008.
7. Sanda, "EVALUASI GERAK SIMULATOR BATANG KENDALI REAKTOR RISET", Prima, volume 7, Nomor 14, 2010.
8. Sanda, "RANCANGAN SISTEM TRANSMISI RAK SUMBER RADIASI IRRADIATOR GAMMA UNTUK STERILISASI HASIL PERTANIAN", Prima, volume 7, Nomor 13, 2010.
9. Sanda, "PERANCANGAN MEKANIK PENGGERAK BATANG KENDALI REAKTOR RISET", Jurnal Perangkat Nuklir, Volume 03, Nomor 05, 2009.