

DISAIN MEKANIK PERANGKAT PENGATUR JARAK BENDA UJI PADA TEKNIK RADIOGRAFI SINAR X

Suroso¹, Saka Wahyu Hidayat², Tasih Mulyono³

¹ Program Studi Elektro Mekanika, Jurusan Teknofisika Nuklir,

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir

Jl. Babarsari PO Box 6101 YKBB, Yogyakarta 55281

*Email: surosohadi09@gmail.com

Abstrak

Metode untuk pengaturan jarak benda uji atau SFD (Source to Film Distance) pada pengujian teknik radiografi sinar-X masih dilakukan secara manual dengan benda uji berupa logam yang berat, maka dilakukan disain mekanik untuk mengatur jarak SFD secara otomatis sesuai perhitungan agar diperoleh hasil film radiografi seperti yang dipersyaratkan oleh standar. Proses disain mekanik dimulai perancangan dan pengembangan alat meliputi pemilihan dan penggantian sistem mekanik, serta penggantian penggerak dengan menggunakan motor stepper sebagai penggerak mekanis. Dari hasil Pengujian yang dilakukan didapatkan pergerakan vertikal maksimal sejauh 600 mm, dengan 100 putaran dengan waktu 165 detik dan dengan arus maksimal 0,51 A. Pada arah gerakan horizontal maksimal sejauh 400 mm, memerlukan 80 putaran dengan waktu 65 detik dan dengan arus maksimal 0,29 A.

Kata kunci: *disain, pengatur jarak, radiografi*

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang sangat penting dalam pengendalian kualitas suatu produk adalah dengan melakukan pengujian (*inspection*) agar memenuhi persyaratan kualitas. *Quality control* produk dilakukan untuk mengetahui kondisi hasil produk sebelum diserahkan kepada pengguna. *Quality control* yang umum digunakan adalah inspeksi atau pengecekan produk, hal dapat dilakukan dengan metode *Destructive Test* (DT) dan *Non Destructive Test* (NDT). Metoda *Non Destructive Testing* (NDT) adalah suatu metoda atau teknik pengujian untuk mengetahui kondisi fisik dari suatu benda uji (*test object*) tanpa menimbulkan kerusakan padanya [1]. Teknik Radiografi adalah salah satu dari metode pengujian NDT yang banyak digunakan.

Teknik Radiografi adalah penyinaran terhadap benda uji dengan menggunakan sinar berenergi tinggi seperti sinar-X dan sinar gamma, yang dapat menembus benda uji tersebut. Baik sinar-X maupun sinar gamma adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang pendek dan daya tembus serta energinya berbanding terbalik dengan panjang gelombangnya [2].

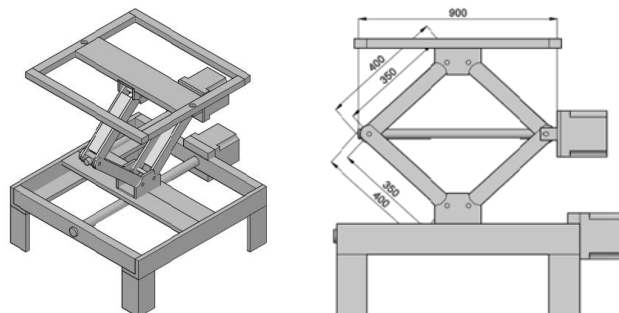
Terdapat berbagai teknik dalam radiografi, bergantung dengan benda uji yang akan diperiksa. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyinaran radiografi yaitu waktu, arus untuk sinar-X atau aktivitas untuk sinar gamma, dan jarak SFD

Pengaturan jarak SFD masih banyak dilakukan dengan mengatur secara manual, yaitu dengan cara untuk mendapatkan jarak diukur menggunakan jarak pengukuran manual padahal benda uji berupa logam yang berat, sedangkan jarak SFD harus sesuai hasil perhitungan agar diperoleh hasil film radiografi seperti yang dipersyaratkan oleh standar.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sesuai dengan kebutuhan gerak mekanik untuk mengatur SFD dengan melihat beberapa perancangan yang sudah ada dan melakukan perhitungan-perhitungan sistem mekanik dari bagian atau komponen meliputi perhitungan kebutuhan daya untuk gerak naik (vertikal) dan gerak horizontal (untuk mengatur pergeseran benda uji), pemilihan motor, perhitungan ulir, tabung ulir dan bantalan serta pemilihan material.

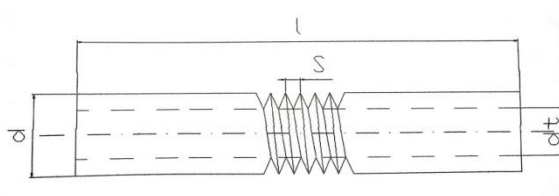
Perancangan terdiri dari beberapa langkah antara lain, menggambar disain awal dengan menggunakan *software* AutoCad, menempatkan hasil perhitung-perhitungan komponen yang telah dihasilkan dari perhitungan pada gambar detail dan susunan (Gambar 1).



Gambar 1. Rancangan Awal Disain Mekanik Pengatur Jarak Benda Uji (SFD)

2.1 Perencanaan Ulir

Batang ulir direncanakan mampu menggerakkan mekanik SFD pada arah vertikal dan menggerakkan secara horisontal. Bahan yang digunakan adalah ST 41 [3]. Batang ulir yang digunakan untuk menggerakkan ulir pada arah vertikal maupun horisontal dipilih jenis ulir *ballscrew*. *Ballscrew* yang dipilih mempunyai diameter luar (*d*) 16 mm, jarak puncak (*S*) 5 mm dan panjang (*l*) untuk arah gerakan vertikal sepanjang 1000 mm, untuk arah gerakan horisontal mempunyai diameter luar (*d*) 16 mm, jarak puncak (*S*) 5 mm dan panjang (*l*) 700 mm (Gambar 2) .



Gambar2. Sketsa Ulir

Batang ulir direncanakan mampu menggerakkan mekanik SFD pada arah vertikal dan mampu menggerakkan lengan pada arah horisontal maka dari itu perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan Poros

Batang ulir yang akan digunakan untuk menggerakkan mekanik SFD secara vertikal dalam perencanaan beban maksimal 50 kg. Besarnya diameter pada batang ulir ditentukan dengan persamaan dibawah dengan tegangan Tarik yang diizinkan dalam tabel tegangan, maka untuk bahan ST 41 atau Fe-360 diperoleh 30-50 N/mm² dengan faktor keamanan 10 [4] dan beban (*P*) maksimal 50 kg.

$$\sigma_t = 50 \text{ N/mm}^2 = 5000 \text{ N/cm}^2 = 5000/9,81 \text{ kg/cm}^2 = 509,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{P \cdot \text{faktor keamanan}}{\frac{\pi}{4} d k^2}$$

$$509,63 = \frac{50 \cdot 10}{\frac{\pi}{4} \cdot d k^2}$$

$$d_k = 1,12 \text{ cm} = 11,2 \text{ mm (batas aman diameter poros ulir)}$$

Diameter yang tersedia pada pasaran diameter 16 mm.

Sedangkan untuk batang ulir yang akan digunakan untuk menggerakkan lengan pada arah horisontal dengan beban benda uji maksimal 50 kg ditambah beban rangka 10kg jadi beban (*P*) 60kg

$$\sigma_t = 50 \text{ N/mm}^2 = 5000 \text{ N/cm}^2 = 5000/9,81 \text{ kg/cm}^2 = 509,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{P \cdot \text{faktor keamanan}}{\frac{\pi}{4} d k^2}$$

$$509,63 = \frac{60.10}{\frac{\pi}{4} \cdot dk^2}$$

$dk = 1,22 \text{ cm} = 12,2 \text{ mm}$ (batas aman diameter poros ulir)

Namun pada lapangan tersedia pada diameter 16 mm.

2.2 Perencanaan daya untuk gerak vertikal

Torsi yang diperlukan untuk memutar batang ulir dapat dihitung sebagai berikut dengan persamaan (Mott, 2004) :

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{L}{\pi D_p}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{0,16}{\pi 0,45}$$

Torsi naik pada diameter batang ulir 16 mm, beban 50 kg dengan $\theta = 14,5^\circ$, $f = 0,15$ dan $\lambda = 19,57^\circ$ maka,

$$T_u = \frac{FD_p}{2} \left[\frac{(\cos \theta \tan \lambda + f)}{\cos \theta - f \tan \lambda} \right]$$

$$T_u = \frac{110 \cdot 0,34}{2} \left[\frac{(\cos 14,5^\circ \tan 19,57^\circ + 0,15)}{\cos 14,5^\circ - 0,15 \tan 19,57^\circ} \right]$$

$$T_u = 8,11 \text{ Nm}$$

Dan untuk torsi turunnya sebagai berikut :

$$T_d = \frac{FD_p}{2} \left[\frac{(f - \cos \theta \tan \lambda)}{\cos \theta + f \tan \lambda} \right]$$

$$T_d = \frac{110 \cdot 0,34}{2} \left[\frac{(0,15 - \cos 14,5^\circ \tan 19,57^\circ)}{\cos 14,5^\circ + 0,15 \tan 19,57^\circ} \right]$$

$$T_u = 3,55 \text{ Nm}$$

2.3 Pembuatan Kerangka

Sistem Mekanik pengatur jarak yang dibuat memiliki 4 bagian yaitu meja atas, mekanik SFD, meja bawah dan dudukan. Untuk pembuatan meja atas menggunakan bahan besi siku dengan tebal 4 mm lebar 48 mm dan besi kanal C. Meja atas mempunyai dimensi panjang 450 mm dan lebar 350 mm.

Pembuatan mekanik SFD dilakukan dengan cara pembuatan lengan pada setiap sisi untuk mendapatkan jarak pergerakan arah vertikal yang diinginkan sesuai dengan data praktikum pada laboratorium radiografi. Mekanik SFD awalnya memiliki panjang lengan 600 mm dipotong sama panjang setiap sisi sepanjang 150 mm kemudian disatukan kembali dengan di las. Mekanik SFD yang telah dibuat mempunyai panjang setiap sisi 450 mm. Setelah pemasangan sistem mekanik selesai kemudian dibuat dengan menggunakan penggerak motor *stepper* [5], maka kemudian pada salah satu ujung mekanik SFD dibuat dudukan untuk motor *stepper* dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 90 dan tinggi 90 mm, dengan menggunakan plat besi dan besi kanal U dengan tebal 4 mm dan kemudian disatukan dengan ujung mekanik SFD dengan cara penyambungan las. Ujung mekanik SFD yang lain dibuat dudukan untuk menempatkan tabung ulir dengan menggunakan besi berbentuk pipa untuk menumpu tabung ulir supaya tetap/ tidak ikut berputar.

Pembuatan meja bawah menggunakan besi kanal U dengan ukuran 30 x 40 mm, untuk tempat bantalan digunakan plat besi dengan tebal 9,5 mm plat besi tersebut dibentuk kanal U dengan ukuran 35 x 35 mm. Pada posisi bawah dibuat lubang dengan diameter 10 mm sebagai tempat bantalan.

Pembuatan dudukan dengan cara penbuatannya menggunakan bahan plat besi dengan ukuran panjang 200 mm tebal 9.5 mm dengan cara plat besi dibentuk siku dengan cara dilas satu sama lain, kemudian disatukan sehingga mekanik SFD yang semula memiliki panjang 450 mm menjadi panjang 650 mm. Setelah itu pada besi kanal U dibuat lubang dengan ukuran diameter 18 mm untuk menempatkan dudukan *ballscrew*. Pada salah satu ujung dudukan *ballscrew* dibuat dudukan motor *stepper* menggunakan plat besi dengan ukuran panjang 105 mm lebar 85 mm dan tinggi 70 mm dengan ketebalan 2 mm, sehingga pergeseran yang semula masih manual digerakkan dengan engkol bisa digerakkan menggunakan motor *stepper*.

2.4 Perakitan system mekanik

Mekanik SFD dapat bekerja sesuai dengan kegunaan apabila komponen dari alat tersebut sudah terpasang sesuai dengan fungsi dan bekerjanya alat. Perakitan komponen dilakukan dengan sambungan tidak permanen, sambungan dirancang agar mudah dibongkar dan dipasang serta tidak membuat komponen-komponen menjadi rusak. Sambungan tidak permanen mempunyai keuntungan yaitu apabila salah satu komponen mengalami kerusakan maka dapat dengan mudah diganti dengan komponen baru tanpa harus merusak komponen lainnya.

Komponen dipasang secara simetris tegak lurus dan sesuai dengan titik beratnya agar tidak mudah terjadi kerusakan seperti bengkok pada poros, bengkok batang ulir, keausan atau bahkan patah pada komponen. Selain itu pada perakitan harus memperhatikan segi keamanan alat agar pada saat dioperasikan alat tetap dalam keadaan aman bagi operator maupun lingkungan sekitar.

2.5 Pengujian Alat

Pengujian alat dimaksudkan untuk melihat kinerja dari alat yang telah dibuat. Dari hasil pengujian nantinya dapat diketahui spesifikasi dari alat yang telah dibuat, sehingga dapat dilakukan penambahan atau pengurangan komponen untuk menyempurnakannya dengan tujuan agar alat dapat bekerja secara aman dan maksimal. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tinggi minimal dan maksimal alat, pergerakan alat, jumlah putaran, waktu tempuh pergerakan, dan torsi.

2.6 Pengambilan Data

Pada tahap ini yang dimaksud dengan *finishing* adalah memastikan ulang kembali apakah semua komponen yang terpasang pada alat sudah terpasang dengan baik dan benar, dan dilanjutkan dengan pengambilan data kecepatan, jarak dan beban yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

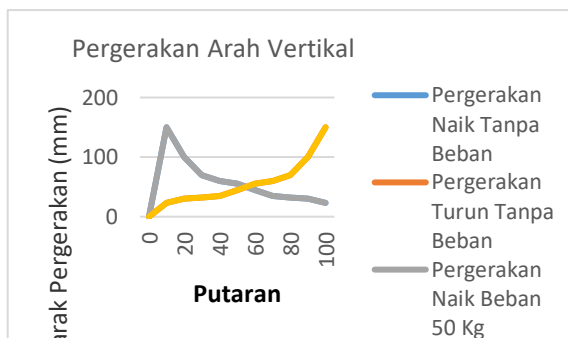
Sistem mekanik pengatur jarak pada proses penyinaran radiografi mempunyai panjang 1000 mm, lebar 450mm, dan tinggi 1100mm. sistem Mekanik memiliki tiga bagian yaitu :

- (1) Meja atas sebagai tempat specimen atau benda uji.
- (2) Mekanik SFD sebagai penggerak untuk arah gerakan vertikal.
- (3) Meja bawah sebagai penggerak untuk arah gerakan horizontal.

Berat Total keseluruhan alat pengatur SFD adalah 37 kg dengan berat masing-masing bagian adalah 5,2 kg berat meja atas, 4,2 kg berat motor *stepper* atas, 6,4 kg berat mekanik SFD, 22 kg untuk meja bawah dan dudukan serta motor *stepper* bawah.

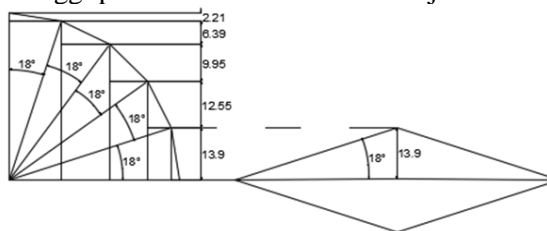
Sistem mekanik yang dibuat mampu bergerak pada arah vertikal sejauh 600 mm dengan ketinggian minimal 500 mm dan tinggi maksimal 1100 mm diukur dari permukaan tanah. Banyaknya putaran yang diperlukan untuk bergerak dari ketinggian minimal sampai ketinggian maksimal adalah 100 putaran. Sistem Mekanik juga dapat bergerak pada arah horizontal sejauh 400 mm. Banyaknya putaran yang diperlukan untuk menggerakkan pada arah horizontal sebanyak 80 putaran. Sistem Mekanik dapat menggerakkan meja dalam keadaan berbeban maupun tanpa beban.

Pada pengujian dilakukan tanpa beban dan dengan memberi beban pada meja sebesar 50 kg. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan motor *stepper* untuk menaik turunkan mekanik SFD. Untuk mengetahui kestabilan sistem mekanik dilakukan pengukuran kestabilan dengan cara menggerakkan motor *stepper* sebanyak 10 putaran pada arah gerakan vertikal dan horizontal. Waktu, arus dan jarak yang diperlukan untuk bergerak setiap 10 putaran yang berbeban maupun tanpa beban dicatat dan dibandingkan hasilnya. Hasil pengukuran untuk arah vertikal baik gerak naik maupun turun dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Grafik Pergerakan Vertikal

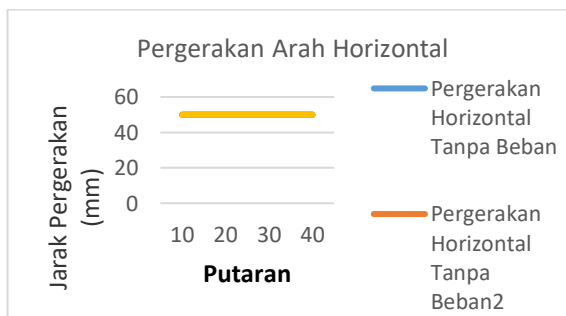
Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa jarak langkah pada 10 putaran selalu berubah ubah. Perubahan terbesar terjadi pada titik 495 mm sampai 645 mm dari permukaan tanah atau pada saat 10 putaran pertama pada saat naik dan 10 putaran terakhir pada saat turun. Hal ini disebabkan karena bentuk dari mekanik SFD yang berupa segitiga. Pergerakan sumbu X pada mekanik SFD menyebabkan perubahan sudut yang dibentuk oleh lengan mekanik SFD. Perubahan sudut yang terjadi menyebabkan perbedaan tinggi pada sumbu Y. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh perubahan sudut terhadap gerak sumbu X dan sumbu Y

Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa dengan perubahan sudut yang sama besar akan menyebabkan perbedaan panjang pergerakan pada sumbu Y. Dari Pengujian baik menggunakan beban maupun tanpa beban, dapat dibandingkan bahwa jarak pergerakan naik maupun turun sangat stabil, waktu yang diperlukan untuk pergerakan naik maupun turun bervariasi karena tidak bersamaan saat menekan tombol input dan stopwatch.

Hasil pengukuran kestabilan pergerakan untuk gerakan horizontal dapat dilihat pada Gambar 5. Waktu, jarak dan arus yang diperlukan untuk bergerak setiap 10 putaran dicatat dan dibandingkan hasilnya. Hasil pengukuran untuk arah horizontal baik gerak kanan-kiri maupun kiri-kanan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pergerakan Horizontal

Dari Gambar 5. dapat diketahui bahwa jarak pergerakan pada setiap 10 putaran mempunyai jarak yang stabil dan waktu yang diperlukan untuk melakukan pergerakan bervariasi karena tidak bersamaan saat menekan tombol input dan *stopwatch*.. Dari Pengujian yang sudah dilakukan baik berbeban dan tanpa beban bisa dibandingkan bahwa jarak untuk melakukan pergerakan dan waktu

yang dibutuhkan untuk melakukan pergerakan mempunyai jarak yang stabil dan waktu yang bervariasi karena tidak bersamaan saat menekan tombol input dan *stopwatch*.

Hasil pengujian sistem mekanik dapat menggerakkan meja arah vertikal maupun horizontal dalam keadaan berbeban maupun tanpa beban dengan waktu yang stabil. Beban yang mampu diangkat oleh sistem Mekanik sebesar 50 kg (Tabel 1).

Tabel 1. Beban yang mampu diangkat oleh sistem mekanik

| No | Beban (kg) | Rata-rata waktu |
|----|------------|-----------------|
| 1 | 10 | 16,37 |
| 2 | 20 | 16,46 |
| 3 | 30 | 16,43 |
| 4 | 40 | 16,47 |
| 5 | 50 | 16,40 |

Dari Tabel 1. diketahui bahwa telah dilakukan pengujian beban terhadap sistem mekanik dan didapatkan hasil seperti Tabel 1. dengan waktu yang bervariasi karena tidak bersamaan saat menekan tombol input dan *stopwatch*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengembangan perangkat pengatur jarak benda uji radiografi sinar-X dengan transmisi ballscrew yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

Telah dibuat alat yang dapat digunakan untuk mengangkat benda uji dengan beban maksimal 50 kg pada arah vertikal maupun pada arah horizontal.

Benda uji dapat digerakkan menggunakan motor stepper pada arah vertikal sejauh 600 mm dari jendela sinar-X yang dimiliki STTN-BATAN. Jumlah putaran yang diperlukan untuk mengangkat benda uji pada arah gerakan vertikal sebanyak 100 putaran dengan waktu selama kurang lebih 165 detik.

Benda uji dapat digerakkan menggunakan motor stepper pada arah horizontal sejauh 400 mm dari jendela sinar-X. Jumlah putaran yang diperlukan untuk menggerakkan benda uji pada arah horizontal sebanyak 80 putaran dengan waktu selama kurang lebih 65 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sutondo, "Pengenalan Metoda NDT dan Penggunaan Alat Inspeksi Visual & Ultrasonik," Yogyakarta, 2005.
- [2] Pusdiklat-BATAN, "NDT Umum," Jakarta, 2001.
- [3] K. S. Sularso, *Dasar Perencanaan dan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1980.
- [4] A. B. Asril, *Konstruksi, Perhitungan dan Pemakaian Bagian Bagian Pesawat Sederhana*. Jakarta, 1952.
- [5] Syahrul, "Motor Stepper: Teknologi, Metoda Dan Rangkaian Kontrol," *Majalah ilmiah. Jurusan Teknik Komputer Universitas Komputer Indonesia*, 2011.