

## ALTERNATIF PERANCANGAN SISTEM MEKANIK PERANGKAT RENOGRAF DAN THYROID UPTAKE TERPADU

Sanda, Joko Sumanto, Abdul Jalil  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) - BATAN  
Email : sanda@batan.go.id

### ABSTRAK

*ALTERNATIF PERANCANGAN SISTEM MEKANIK PERANGKAT RENOGRAF DAN THYROID UPTAKE TERPADU. Perancangan renograf dan thyroid uptake terpadu telah dilakukan, namun dari hasil rancangan yang telah dibuat tersebut masih ada beberapa kekurangan berdasarkan versi operator perangkat renograf. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mendapatkan konstruksi rancangan yang efektif dan efisien, yaitu bisa digunakan untuk diagnosa pasien untuk jenis penyakit yang berbeda, baik fungsi ginjal maupun kelenjar gondok dengan menggunakan satu perangkat yang mudah dioperasikan. Metodologi yang digunakan adalah membandingkan perangkat renograf yang telah ada dengan tiga rancangan renograf terpadu, sehingga alternatif yang diperoleh dapat menunjukkan suatu hasil yang memenuhi kebutuhan rumah sakit, baik rumah sakit besar maupun klinik. Adapun hasil yang diharapkan adalah rancangan tahap tiga menjadi alternatif, karena memiliki kelebihan dari yang lainnya, yaitu geometri lengan renograf yang lebih kecil, namun masih mampu menahan beban 100 kg, sehingga konstruksinya menjadi lebih ringan dan mudah dalam pelayanan pasien.*

*Kata kunci : Renograf, fungsi thyroid uptake, fungsi ginjal, perancangan, terpadu.*

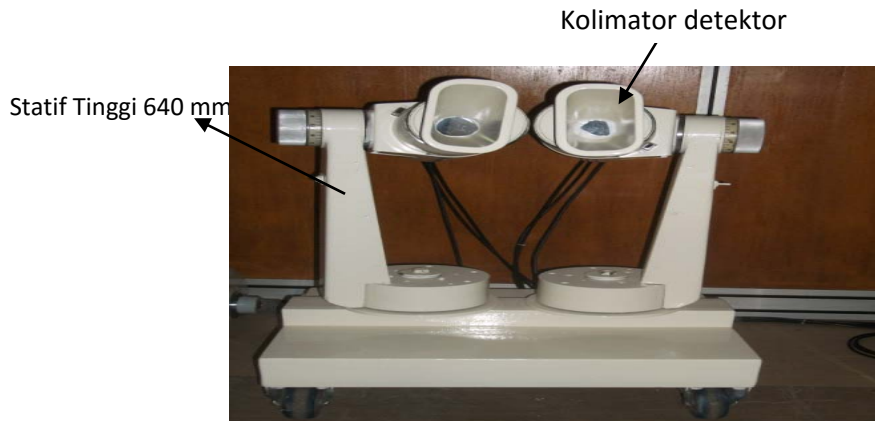
### ABSTRACT

*AN ALTERNATIVE DESIGN OF MECHANICAL SYSTEM FOR THE EQUIPMENT OF INTEGRATED RENOGRAF AND THYROID UPTAKE. A Design integrated renograf and thyroid uptake has been done, but the design still has some drawbacks according to equipment operator. The purpose of this design is to have a design construction which is effective and efficient, that can be used to diagnose patients for different types of diseases, both kidney and thyroid function by using a single device which is easy to operate. The methodology used is to compare the existing renograf with three renograf integrated design, so that an alternative obtained indicates an outcome that meets the needs of hospitals, both large hospitals and clinics. The expected result is a three-stage plan to be the alternative, because it has advantages over the other, the arm geometry of the renograf is smaller, but still be able to withstand a load of 100 kg, so that the construction becomes lighter and easier for patient care*

*Keywords : Renograf, thyroid uptake function, renal function, design, integrated.*

### 1. PENDAHULUAN

*Renograf merupakan alat diagnostik di bidang kedokteran yang digunakan untuk memeriksa fungsi ginjal pasien bagian kiri maupun bagian kanan secara individual. Begitu juga halnya pada pasien kelenjar gondok dengan menggunakan perangkat *thyroid uptake* dapat dilakukan diagnosis atau terapi terhadap kelenjar gondok pasien. Namun perangkat ini masih berdiri masing-masing satu dengan lainnya, sehingga apabila pasien hendak diperiksa fungsi ginjalnya<sup>[1]</sup>, maka perangkat *renograf* yang digunakan, seperti ditunjukkan pada gambar 1,*



Gambar 1. Perangkat *renograf* dengan dua buah detektor untuk pemeriksaan fungsi ginjal<sup>[1]</sup>

Pada gambar 1. terlihat bahwa kolimator diletakkan pada statif yang mempunyai rigiditas yang tinggi, sehingga konstruksinya begitu kuat dan kokoh. Sedangkan pasien didudukkan di atas kursi yang juga mempunyai rigiditas yang tinggi dan konstruksinya kokoh, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kursi pasien *renograf* (lama)<sup>[1]</sup>

Begitu juga halnya, bila pasien hendak diagnosa fungsi kelenjar gondok, maka perangkat *thyroid uptake* yang digunakan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.

Tinggi = 1720 mm



Gambar 3. Perangkat *thyroid uptake* (lama) dengan satu buah detektor<sup>[1]</sup>

Gambar 3, menunjukkan bahwa perangkat tersebut ketika melakukan pemeriksaan atau terapi pada kelenjar gondok posisi berdirinya sangat mengkhawatirkan terbalik, baik terhadap operator maupun terhadap pasien, apalagi dari data pemeriksaan baik *renograf* maupun *thyroid uptake* menurut dokter masih dirasakan ada kekurangan. Oleh karenanya perangkat ini dirasakan masih kurang sempurna dan tentunya harus dicari penyelesaian perbaikannya, karena perangkat tersebut masing-masing berdiri sendiri sesuai fungsinya masing-masing. Untuk itu perlu dirancang sistem mekanik perangkat *renograf* dan *thyroid uptake* terpadu yang dapat digunakan untuk diagnosa fungsi ginjal dan diagnosa atau terapi fungsi kelenjar gondok pada satu sistem yang terpadu dengan geometri lebih efektif dan efisien.

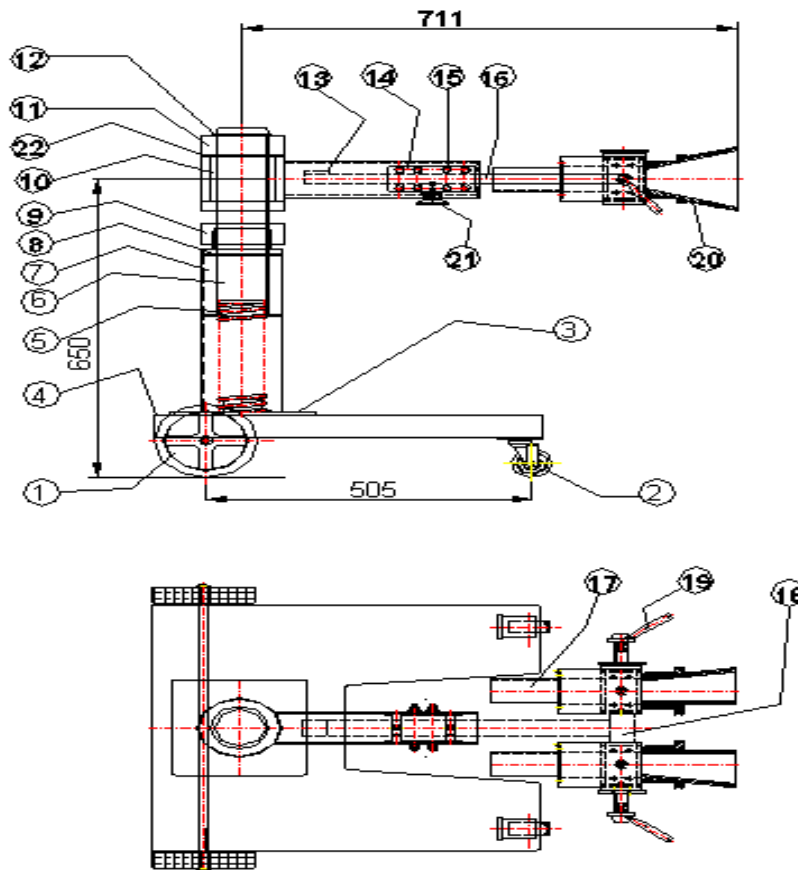
Perangkat *renograf* dan *thyroid uptake*<sup>[1,2]</sup>terpadu merupakan dua perangkat medis yang digunakan untuk diagnosa dan terapi pada pasien dengan jenis penyakit yang berbeda, namun mempunyai perangkat instrumentasi yang hampir sama, yaitu detektor Na(I)TI. Proses diagnosa *renograf* pada pasien dengan cara menempatkan dua detektor pada bagian ginjal dan satu detektor pada bagian bahu pasien, sebagai data latar belakang, begitu juga halnya dengan proses diagnosa atau terapi *thyroid uptake* pada pasien dengan cara menempatkan satu detektor pada kelenjar gondok dan satu detektor pada paha pasien, sebagai data latar belakang, sehingga pencacahan terhadap radiasi latar belakang dapat diketahui, dengan demikian hasil pencacahan terhadap penyakit dapat diketahui dengan pasti setelah hasil pencacahan pada kelenjar gondok atau ginjal dikurangi hasil pencacahan latar belakang.

Adapun hasil yang diharapkan adalah diperolehnya rancangan perangkat *renograf* dan *thyroid uptake* terpadu berdasarkan pertimbangan dari perbandingan satu perangkat *renograf* dan satu perangkat *thyroid uptake* yang sudah ada dengan tiga buah rancangan mekanik *renograf* terpadu, sehingga hasilnya benar-benar yang terbaik dan hasil *shop drawing* dapat dibuat di *workshop* setelah melalui pertimbangan analisis.

### 1.1. TEORI

*Renograf* dan *thyroid uptake* terpadu merupakan dua sistem perangkat kedokteran nuklir yang berbeda fungsi dan perlakuan diagnosanya. *Renograf* mempunyai dua perangkat mekanik pemegang detektor, sedangkan *thyroid uptake* hanya mempunyai satu detektor. Begitu juga perlakuan tindak kedokteran untuk *renograf*, radioisotop <sup>99m</sup>Tc disuntikan pada pasien setelah itu perangkat *renograf* dan instrumentasinya dapat *scanning* data pada pasien. Pada *thyroid uptake* cairan radioisotope <sup>131</sup>I dimasukan melalui mulut bersamaan dengan air minum, setelah itu perangkat *thyroid uptake* dan instrumentasinya dapat *scanning* data pada pasien. Kedua perangkat ini yang sama adalah sama-sama menggunakan detektor NaI(TI) yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas penyakit yang telah menyerap sumber radiasi. Pada perangkat sistem mekanik *renograf* maupun *thyroid uptake* gerakan akibat berat beban perangkat itu sendiri yang harus dianalisis agar konstruksi gerak fleksibelnya terjamin aman dan mudah digerakan. Dalam alternatif ini telah dilakukan tiga kali perancangan<sup>[3,4,5]</sup>, sebagai berikut :

1.1.1. Rancangan tahap pertama ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Rancangan *renograf* tahap pertama

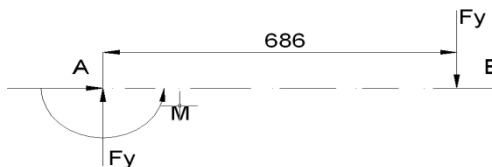
Dengan keterangan gambar 4 ditunjukkan sebagai berikut :

O ring	22	St 37	1
Pengunci langkah poros detektor	21	St 37	1
Kolimator renograf	20	St 37	2
Pengunci bodi detektor	19	St 37	2
Lengan kedudukan detektor	18	St 37	1
Pemegang detektor	17	St 37	2
Poros pemegang detektor	16	St 37	1
Lengan mekanik	15	St 37	1
Pemegang poros detektor	14	St 37	1
Stopper	13	St 37	1
Ring jepit	12	St 37	1
Penutup poros	11	St 37	1
bantalan poros	10	St 37	1
Mur pengikat	9	St 37	1
Baut jepit	8	St 37	1
Kolom mekanik	7	St 37	1
Poros gerak	6	St 37	1
Pegas tekan	5	St 37	1
Landasan kolom	4	St 37	1
Kaki kolom	3	St 37	1
Roda kastor	2	PU	2
Roda karet	1	karet	2
Nama bagian/komponen	No.kode	Material	Jumlah
-- --	Tanda tangan		
-- --	Tanggal	12-3-14	5-4-14
-- --	Nama	Krlmawan	Sanda
-- --	Jabatan		Joko S.
			Atang S.
Rev.	Tgl	Keterangan	Digambar
			Didesain
			Disetujui
			Disahkan
<b>RENO DAN TU TERPADU</b>			
Nama Gambar GENERALD DRAWING			
<b>PRFN</b>			
Skala :	No. Gambar	GT.UPN.3.2.2.02.14	Form A
			Lembar

Gambar 4.a. Keterangan gambar 4.

Pada gambar 4. menunjukkan lengan detektor merupakan perangkat mekanik yang kedudukannya dipegang oleh poros mekanik vertikal dan bisa bergerak berputar 360°,

sehingga konstruksinya seperti kantilever. Pada tiang penyangga terdapat pemberat atau penyeimbang dan lengan perangkat mekanik yang membebani konstruksi tiang penyangga itu sendiri, sehingga konstruksi tiang penyangga mengalami beberapa pengaruh, diantaranya adalah momen lengkung yang terjadi akibat beban lengan detektor, keseimbangan antara pemberat dengan lengan detektor dan tebal konstruksi tiang penyangga dalam menahan poros puli lintasan seling, *free body diagram* statistiknya ditunjukkan pada Gambar 5<sup>[6,7]</sup>.



Gambar 5. Beban F yang mempengaruhi ketebalan lengan detektor

Pada gambar 5. beban  $F_y$  kebawah bekerja pada titik putar kolimator (B), kemudian beban tersebut ditahan oleh titik A, sehingga terjadi momen pada gambar di atas dengan persamaan berikut<sup>[4,6]</sup>:

$$M_b = \sigma_b W_b \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$\sigma_b$  = tegangan bengkok,  $kg/mm^2$

$$(\sigma_b = 0,75 \sigma_t)$$

$M_b$  = momen bengkok,  $kgmm$

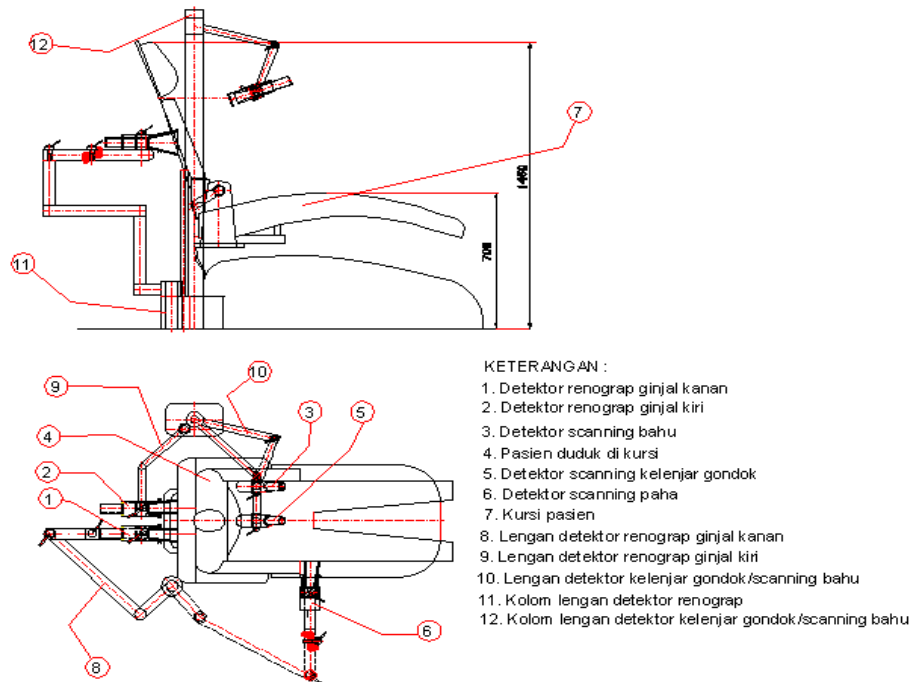
$$(M_b = F.l)$$

$W_b$  = Momen tahanan bengkok,  $mm^3$

$$W_b = \frac{\pi}{32} \left( \frac{D^2 - d^4}{D} \right) \dots\dots\dots(2)$$

**1.1.2. Rancangan tahap ke dua ditunjukkan pada gambar 6.**

Untuk perancangan tahap ke dua, komponen mekanik gerak fleksibelnya berbentuk engsel yang bertujuan agar detektor mudah digerakan oleh operator ke arah tujuan yang ingin dicapai. Secara garis besar rancangan ke dua perangkat *renograf* terpadu dengan dua kolom dan gerakan lengan detektor<sup>[8]</sup>, ditunjukkan pada Gambar 6.



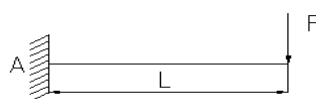
Gambar 6. Rancangan perangkat *renografer* tahap ke dua

Pada gambar 6. ditunjukkan bahwa perangkat *renografer* terpadu mempunyai sistem mekanik pemegang detektor dengan sistem engsel dan lengan, sehingga antara lengan yang satu dengan lainnya dihubungkan dengan sistem engsel dengan tujuan agar detektor dapat menjangkau posisi ginjal dan paha atau posisi gondok dan bahu. Hubungan engsel mekanik dari perancangan tersebut ditentukan menjadi dua, yaitu aspek engsel gerak horisontal bertumpu pada lengan itu sendiri dan aspek engsel gerak horisontal bertumpu pada baut. Adapun hubungan engsel gerak horisontal bertumpu pada lengan itu sendiri ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Lengan gerak horisontal bertumpu pada lengan itu sendiri

Pada gambar 7 ditunjukkan bahwa batang (*beam*) yang berupa lengan gerak mendapatkan beban  $F$  sepanjang  $L$  dan pada sambungan dipangkal engselnya diikat oleh baut dan baut tersebut fungsinya hanya sebagai pengikat beam atas dan bawah yang pada ujung dan pangkalnya dibelah searah sumbu sepanjang tertentu, berdasarkan statistika pembebanan, hal tersebut terjadi secara kantilever, maka dari gambar 7 diperoleh kesetimbangan statika<sup>[1]</sup> sebagai berikut :



Gambar 8. Kesetimbangan statistik dari beban  $F$

Dari gambar 8, ditunjukkan bahwa batang sepanjang L menahan beban F pada titik A, ternyata dapat menyebabkan timbulnya momen pada titik A ( $M_A$ ) dan gaya yang terjadi pada sumbu X dan sumbu Y, yaitu  $V_{A X}$  dan  $V_{A Y}$ , seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Free body diagram beban F yang ditahan pada titik A

Dari gambar 9 dapat diperoleh persamaan sebagai berikut [1]:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ M_A + F.L &= 0 \\ M_A &= -F.L \text{ (Nmm)} \end{aligned} \dots\dots\dots(3)$$

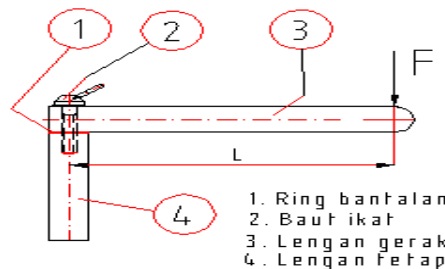
Selanjutnya dari gambar 7. Berdasarkan *strength of material*, ternyata kesetimbangan tersebut akan mengalami lenturan atau bengkok akibat beban luar, sehingga tegangan bengkok yang terjadi dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

- $\sigma_b$  : tegangan bengkok, N/mm<sup>2</sup>
- $M_b$  : momen bengkok, Nmm
- $W_b$  : momen tahanan bengkok, mm<sup>3</sup>

Hubungan engsel mekanik dari perancangan yang kedua, untuk aspek engsel gerak horisontal bertumpu pada baut, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. engsel gerak horisontal bertumpu pada baut

Pada gambar 10 ditunjukkan bahwa *beam* yang berupa lengan gerak mendapatkan beban F sepanjang L dan pada sambungan poros vertikal dan horisontal tersebut diikat oleh baut, sehingga fungsi baut menjadi penentu kekuatan konstruksinya. Statistik keseimbangan dan *strength of material* yang terjadi adalah sama dengan engsel gerak horisontal bertumpu pada poros, yang berbeda material penentu konstruksinya adalah baut. Statistik yang terjadi sama dengan gambar 8 dan 9, namun berdasarkan *strength of material*, ternyata kesetimbangannya mengalami beban bengkok akibat beban luar yang menekan luas permukaan baut, sebagai berikut<sup>[3]</sup> :

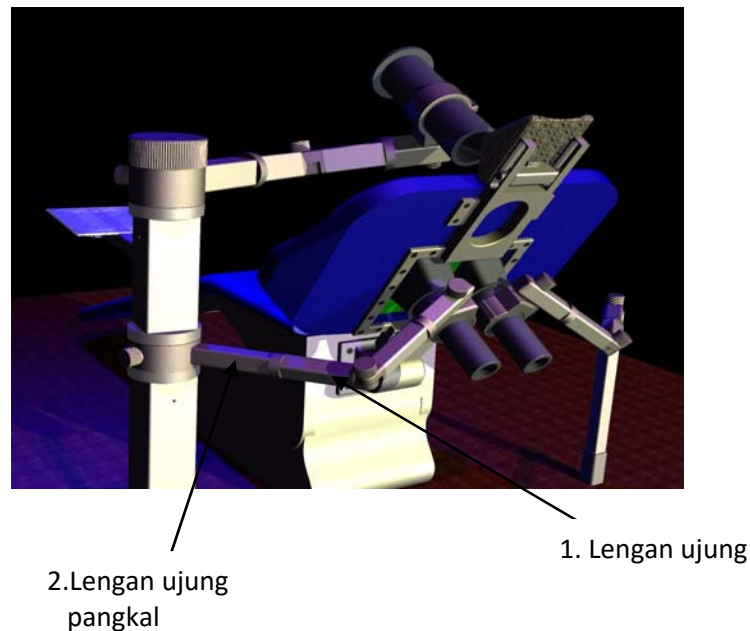
$$\sigma_b = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(5)$$

dengan :

- A : luas permukaan baut, mm<sup>2</sup>

### 1.1.3. Rancangan tahap ke tiga ditunjukkan pada gambar 11.

Pada perancangan model tahap 3, konstruksinya hampir sama dengan perancangan tahap dua, sebagaimana ditunjukkan pada gambar<sup>[8,9,10]</sup> 11.



Gambar 11. Perancangan renograf terpadu tahap tiga.

Pada perancangan tahap tiga ini lengannya bertumpu satu dengan lainnya, kemudian diikat dengan sistem baut yang fungsinya sebagai pengikat lengan yang satu dengan lainnya. Ada perbedaan yang terdapat pada rancangan tahap tiga ini, yaitu lengan ujungnya dapat berputar sejauh  $360^\circ$  dan detektor dapat berputar  $180^\circ$ .

## 2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam alternatif perancangan ini adalah dengan melakukan kajian terhadap tiga tahap perancangan sistem mekanik *renograf*. Perhitungan perancangan perangkat ini dilakukan secara mekanik analitik. Asumsi beban detektor yang bekerja pada lengan digunakan sebesar 100 kg dengan panjang lengan 300 mm. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1, 2, 3 dan 4. Adapun kriteria pemilihan perancangan adalah diperolehnya geometri lengan yang lebih kecil dan ringan dengan momen tahanan yang juga lebih kecil.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari simulasi lengan detektor diameter luar beam (pipa) ditentukan 55 mm dan bahan lengan detektor diambil dari bahan baja karbon S35C-D<sup>[5,7]</sup>, maka diperoleh tegangan tarik bahan ( $\sigma_t$ ) sebesar  $53 - 69 \text{ kg/mm}^2$ , diambil  $\sigma_t = 61 \text{ kg/mm}^2$ , kemudian  $\sigma_b$  diperoleh sebesar  $45,75 \text{ kg/mm}^2$  dengan faktor keamanan =  $3^{[3,11]}$ , maka dihasilkan parameter rancangan tahap pertama, seperti pada tabel 1.



Tabel 1. Hasil perhitungan rancangan renograf tahap pertama

diameter luar (mm)	momen tahanan (mm <sup>3</sup> )	diameter dalam (mm)	Ketebalan (mm)
<b>60</b>	<b>4493.927504</b>	<b>56.53</b>	<b>1.74</b>
65	4496.731973	62.10	1.45
70	4504.856653	67.53	1.24
75	4506.074166	72.87	1.07
<b>80</b>	<b>4488.471045</b>	<b>78.15</b>	<b>0.92</b>
85	4491.104805	83.37	0.81
90	4499.698047	88.55	0.73
95	4511.34181	93.70	0.65

Dari tabel 1, perhitungan dengan panjang lengan detektor 300 mm, dihasilkan diameter lengan optimal 60 mm.

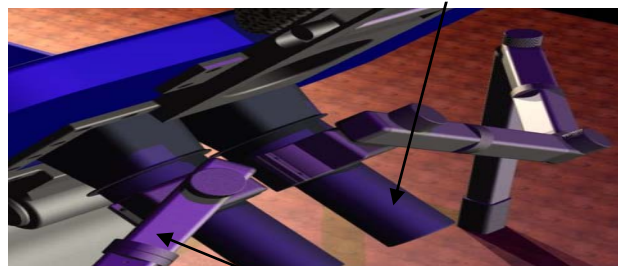
Untuk perancangan tahap kedua, hasilnya ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rancangan *renograf* tahap kedua

Beban (Kg)	diameter luar (mm)	momen tahanan (mm <sup>3</sup> )	diameter dalam (mm)
<b>100</b>	<b>38.10</b>	<b>3278.69</b>	<b>30.22</b>
100	44.45	3278.69	39.44
100	50.80	3278.69	47.20
100	57.15	3278.69	54.40
100	63.50	3278.69	61.32
100	69.85	3278.69	68.07
100	76.20	3278.69	74.72
100	82.55	3278.69	81.30
100	88.90	3278.69	87.82
100	95.25	3278.69	94.32
100	101.60	3278.69	100.78

Dari tabel 2, perhitungan dengan panjang lengan juga 300 mm, dihasilkan diameter lengan optimal 38,10 mm. Selanjutnya untuk perancangan tahap ketiga, ditunjukkan pada gambar 12, bahwa konstruksi lengan putar detektor terbagi atas dua komponen utama, yaitu lengan tetap dan lengan putar. Lengan putar berfungsi sebagai pemegang kolimator detektor.

2. Detektor sebagai beban



1. Lengan putar

Gambar 12. Posisi detektor dan lengan putar detektor

Untuk geometrik poros penghubung yang terkena beban sistem detektor secara langsung hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 3:

Tabel 3. Hasil perhitungan rancangan renograf tahap ketiga

PANJANG LENGAN (mm)	MOMEN PUNTIR (kgmm)	MOMEN TAHANAN (mm <sup>3</sup> )	DIAMETER POROS (mm)
150	15000	983.61	17.06
175	17500	1147.54	17.96
200	20000	1311.48	18.78
250	25000	1639.34	20.23
<b>300</b>	<b>30000</b>	<b>1967.21</b>	<b>21.50</b>
325	32500	2131.15	22.08
350	35000	2295.08	22.63
<b>400</b>	<b>40000</b>	<b>2622.95</b>	<b>23.66</b>

Dari table 3, perhitungan dengan panjang lengan bervariasi dari 150 mm sampai dengan 400 mm, ternyata dengan panjang lengan 300 mm, dihasilkan diameter lengan optimal 21,50 mm dengan ketebalan 2,11 mm, harga tersebut sesuai dengan data ukuran pipa<sup>[11]</sup>. Sedangkan untuk perhitungan geometri baut pemegang lengan di tunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan rancangan *renograf* tahap ketiga

BEBAN (Kg)	TEGANGAN BENGKOK (Kg/mm <sup>2</sup> )	LUAS PERMUKAAN BAUT (mm <sup>2</sup> )	DIAMETER BAUT (mm)
100	9.15	10.93	3.73
175	9.15	19.13	4.94
<b>250</b>	<b>9.15</b>	<b>27.32</b>	<b>5.90</b>
325	9.15	35.52	6.73
<b>400</b>	<b>9.15</b>	<b>43.72</b>	<b>7.46</b>
475	9.15	51.91	8.13
550	9.15	60.11	8.75

Dari tabel 4, ditunjukkan bahwa dengan variasi tegangan mulai dari 100 kg sampai dengan 775 kg, ternyata dapat dipilih baut M6x1<sup>[3]</sup> (dari diameter = 5,90 mm), yang mampu menahan beban sebesar 250 kg, sedangkan untuk pilihan baut M8x1,25<sup>[3,7]</sup> (dari diameter = 7,46 mm), ternyata konstruksi tersebut mampu menahan beban lebih besar lagi, yaitu sebesar 400 kg.

Dari ke tiga tahap perancangan, penulis merekomendasikan rancangan tahap tiga sebagai alternatif, dengan pertimbangan pada perancangan tahap tiga diameter lengan *renograf* yang lebih kecil, bila dibandingkan dengan perancangan tahap dua dan tahap satu, yaitu sebesar 21,50 mm, 30,22 mm dan 60 mm, sehingga konstruksi mekanik konstruksi mekanik *renograf* dan *thyroid uptake* menjadi lebih ringan.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil perancangan menunjukkan bahwa perangkat *renograf* terpadu saat ini memang sangat diperlukan, hanya untuk memilihnya perlu dipertimbangkan aspek efektif dan efisien. Dari tiga tahapan perancangan model yang memenuhi aspek efektif dan efisien adalah perancangan tahap tiga, karena pada perancangan tahap tiga, bila dibandingkan dengan tahap dua dan satu, menunjukkan geometri poros lengan yang lebih kecil. Perancangan tahap satu diameter lengan 60 mm dengan tebal 1,74 mm, tahap dua

diameter lengan 38,10 mm dengan tebal 3,94 mm dan tahap tiga diameter lengan 21,50 mm dengan tebal 2,11 mm dengan geometri perangkat renograf terpadu yang lebih kecil, konstruksi menjadi lebih ringan dan mudah dalam pelayanan pasien, sehingga aspek rancangan tahap ketiga ini dapat dianggap sebagai alternatif dalam perancangan *renograf terpadu*.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada seluruh tim perancangan *Renograf terpadu*, baik tim mekanik, elektrik, elektronik dan software, terlebih khusus kepada Bapak Drs. Benar Bukit, sebagai Projek Manager sehingga dapat terwujudnya tulisan ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA.

- [1]. JOKO SUMANTO, ABDUL JALIL, ROMADHON, *Desain Perangkat Pengukur Dosis pada Renograf*, ISSN No. 1978-3515, Jurnal Perangkat Nuklir, Volume 07, Nomor 02, Nopember 2013.
- [2]. JOKO SUMANTO, JOKO TRIYANTO, *Studi Pendeteksian Fungsi Ginjal dengan Menggunakan Renograf dan Kamera Gamma*, ISSN : 1411- 0296, Prima, Volume 7 Nomor 13, Juni 2010, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Puspiptek – Tangerang.
- [3]. HANOTO dkk, *Ilmu Kekuatan Bahan*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, PEDC, Bandung, 1984.
- [4]. HANOTO dkk, *Statika*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, PEDC Bandung, 1982.
- [5]. SULARSO, Ir., MSME dan KIYOKATSU SUGA, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1997.
- [6]. MOHD. TAIB SUTAN SA'TI, *Buku Politeknik*, PT. Bale Bandung, Bandung, 1986.
- [7]. HERMAN JUTZ and EDUARD SCHARKS, *Westermann Table for the Metal Trade*, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1961.
- [8]. SANDA, *Analisis Dimensi Lengan pada Model Rancangan Renograf Thyroid Uptake Terpadu*, ISSN : 1411-0296, Prima, Volume 12, Nomor 1, Juni 2015, Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir, Puspiptek – Tangerang.
- [9]. SANDA, *Evaluasi Rancangan Mekanik Perangkat Renograf dan Thyroid Uptake Terpadu*, ISSN 1978-9971, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir VIII, PTKMR BATAN, Jakarta, 13 Nopember 2013.
- [10]. SANDA, TRI HARJANTO dan KRISTIYANTI, *Optimasi ketebalan kolimator detektor sinar gamma pada perangkat renograf thyroid uptake terpadu*, ISSN: 1412-2499, Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan IX, PTKMR BATAN, Jakarta, 19 Juni 2014.
- [11]. *Piping Design Data*, PT. Pertafenikki Engineering, Jakarta, 2012.