

## MODIFIKASI DUDUKAN MOTOR FASILITAS SILIKON DOPING DI REAKTOR RSG-GA SIWABESSY

Sutrisno, Sunarko dan A.Mariatmo  
Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN, kawasan Puspiptek Serpong  
e-mail: soe-tris@batan.go.id

### ABSTRAK

**MODIFIKASI DUDUKAN MOTOR SILIKON DOPING DI REAKTOR RSG-GA SIWABESSY.** Fasilitas Silikon Doping adalah suatu fasilitas iradiasi yang didesain untuk mengiradiasi silikon dengan neutron termal yang mengakibatkan transmudasi atom silikon (Si-30) menjadi atom Fosfor (P-31). Pada saat ini fasilitas silikon doping digunakan untuk mengiradiasi *topaz outcore* dengan memodifikasi *frame* yang ada, sehingga pemutar kapsul silikon doping tidak dapat digunakan kembali. Tujuan modifikasiudukan motor silikon doping adalah dapat beroperasinya fasilitas silikon doping, sesuai satu misi PRSG yang tertuang dalam renstra. Modifikasiudukan motor silikon doping telah dilaksanakan meliputi beberapa tahapan pekerjaan yaitu pembuatan gambar desain modifikasi, analisis kekuatan bahan dan pabriksi. Dari hasil analisis kekuatan bahan penyangga beban yang timbul adalah 16527 N harga ini jauh dari batas yang diijinkan yaitu 110993,5 N dan murbaut adalah aman terhadap pembebanan yang terjadi karena mempunyai gaya tarik total untuk 7 buah baut 33663 N. Dengan selesainya kegiatan modifikasi dan uji fungsi, maka fasilitas tersebut dapat digunakan untuk penelitian yang lebih optimum.

**Kata kunci:** modifikasi, motor, silikon doping, reaktor GA Siwabessy

### ABSTRACT

**MODIFICATION OF MOTOR PALLET OF SILICON DOPING FACILITY AT RSG-GA SIWABESSY.** The facility of Silicon doping is an irradiation facility designed to irradiate silicon with thermal neutrons which results atomic transmutation from silicon (Si-30) become phosphorus (P-31). At present, the silicon doping facility is used to irradiate out core topaz by modifying the exists frame, so that the capsule rotator of silicon doping cannot be used anymore. The purpose modification motor mounting doping silicon is silicon doping can be the operation of the facility. according PRSG the mission set out in the strategic plan. Modification of motor pallet of silicon analysis on prop material and nut/bolt is safe to the existed encumbering. From the analysis of the strength of the expenses incurred buffer is 16527 N This price is far from the limit permitted 110,993.5 N and nut/bolt is secure against loading that occurs because it has a total tensile force for seven bolts 33663 N. With the completion of modification activities and functional test, thereby the facility can be used for more optimum research.

**Keywords:** modification, motor, silicon doping, reactor GA Siwabessy

### PENDAHULUAN

Fasilitas Silikon Doping adalah suatu fasilitas iradiasi yang didesain untuk mengiradiasi silikon dengan neutron termal akan mengakibatkan terjadinya transmudasi atom silikon (Si-30) menjadi atom Fosfor (P-31). Sejak awal Tahun 2000 konsumsi silikon di dunia untuk bahan semikonduktor meningkat tajam sampai 100 ton pertahun<sup>1)</sup>. Sebagian besar silikon yang dibuat untuk piranti elektronik/listrik perlu didoping dengan berbagai macam unsur untuk memenuhi resistivitas tertentu. Metode konvensional menunjukkan hasil yang kurang baik, karena ketidakhomogenan distribusi resistivitas mencapai 30%. Dengan metoda doping transmudasi netron (*Neutron Transmutation Doping/NDT*), ketidak homogenan dapat ditekan

hingga dibawah 5% untuk distribusi radial dan 10% untuk distribusi aksial.

Salah satu renstra PRSG tahun 2015 adalah beroperasinya kembali fasilitas silikon doping, yang pada saat ini digunakan sebagai fasilitas iradiasi batu topas *outcore* tanpa diputar oleh motor. Sehingga fasilitas silikon doping tersebut agar dapat digunakan kembali maka perlu dilakukan modifikasi, terutama padaudukan motor kapsul silikon.

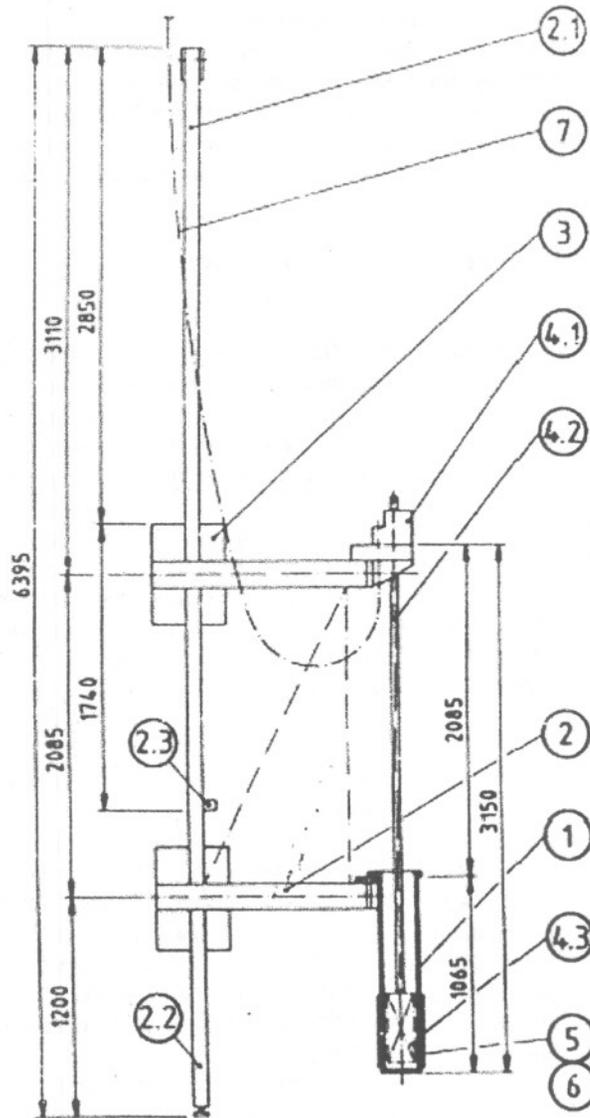
Pada tulisan ini akan dijabarkan modifikasiudukan motor kapsul silikon, dengan beberapa tahapan yaitu dengan pembuatan gambar desain modifikasi, analisis kekuatan bahan yang digunakan dan pabriksi. Dengan selesainya modifikasiudukan motor fasilitas silikon doping diharapkan fasilitas tersebut dapat digunakan kembali untuk iradiasi silikon sesuai desain awalnya.

**TEORI**

**Fasilitas Silikon Doping**

Fasilitas silikon doping atau fasilitas *neutron transmutation doping* adalah salah satu fasilitas yang terdapat di RSG GA Siwabessy, Serpong. Fasilitas ini dipergunakan untuk mengiradiasi kristal silikon agar terbentuk bahan dopant sehingga kristal tersebut menjadi bahan semi konduktor tipe-n. Fasilitas silikon doping terpasang di luar teras reaktor RSG-GAS seperti terlihat pada

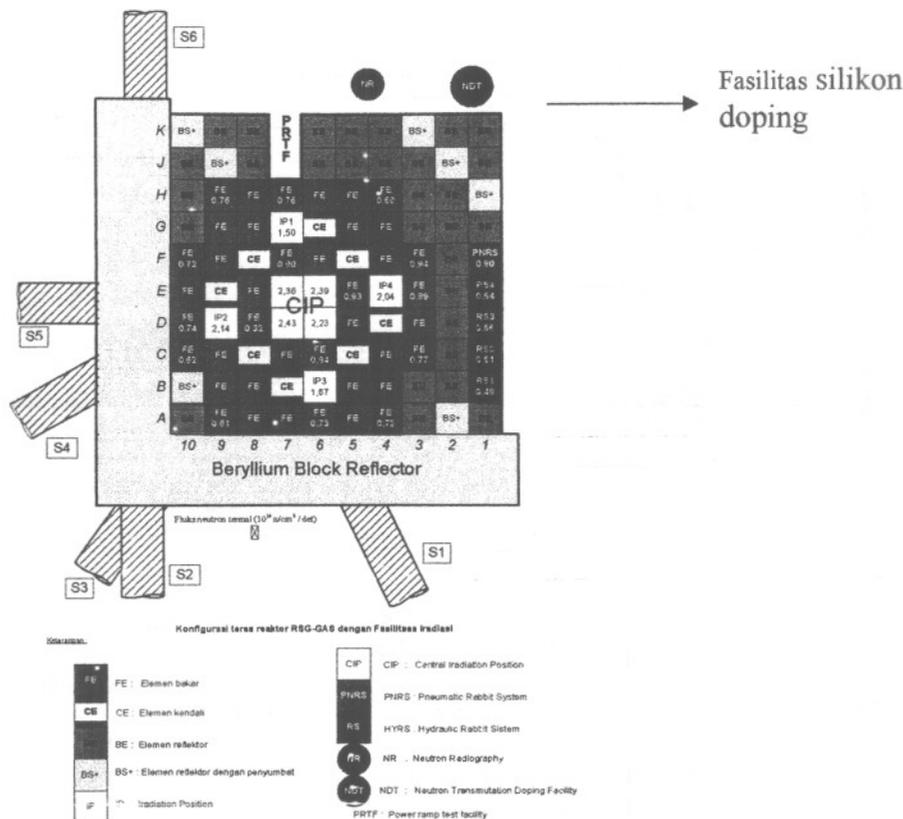
fasilitas silikon doping sebelum modifikasi (Gambar 1) dan konfigurasi teras reaktor (Gambar 2) terdiri dari sebuah kapsul silikon yang berputar bebas di dalam tabung penyangga kapsul (*support tube*) dengan kecepatan 15 rpm. Gerak putar ini dimaksudkan agar silikon yang sedang diiradiasi memperoleh distribusi neutron yang homogen pada arah radial. Untuk menghomogenkan fluks neutron pada arah aksial maka pada dinding penyangga tabung kapsul dilengkapi dengan filter *stainless steel* yang mempunyai ketebalan bervariasi sesuai dengan besarnya ketidak rataan fluks neutron setempat<sup>1)</sup>



**KETERANGAN:**

- 1. TABUNG LUAR
- 2. FRAME
  - 2.1 BATANG KONEKSI
  - 2.2 SUPPORT
  - 2.3 SUPPORTING DEVICE
- 3. GUIDE BLOCK
- 4. 4.1 TRANSMISSION GEAR
- 4.2 IRRADIATION UNIT
- 4.3 KAPSUL SILIKON
- 5. DETECTORS (SPND)
- 6. SHIELD
- 7. FLEXIBLE SHAFT
- 8. LIFTING DEVICE

**Gambar 1. Fasilitas Silikon Doping sebelum modifikasi**



Gambar 2. Konfigurasi Teras Reaktor dengan fasilitas Iradiasi

**Analisis Penyangga**

Penyangga yang akan digunakan adalah dari bahan *stainless steel* karena akan dipasang diluar kolom, besarnya momen lentur ( $M$ ) yang terjadi pada penyangga dihitung berdasarkan persamaan<sup>2)</sup> berikut:

$$Ml = P.l \tag{1}$$

dengan:

$Ml$  = Momen lentur (N.mm)

$p$  = Beban yang bekerja pada penyangga (N)

$l$  = Jarak titik beban dari tumpuan penyangga (mm)

Tegangan lengkung yang terjadi pada penyangga dihitung dengan rumus<sup>3)</sup> berikut:

$$F_y = \frac{Ml}{S_{x-x}} \tag{2}$$

dengan:

$F_y$  = Tegangan Lengkung (N)

$Ml$  = Momen lentur (N/mm)

$S_{x-x}$  = Section modulus dari bahan yang digunakan (mm<sup>-1</sup>)

Kemampuan penyangga diketahui dengan cara membandingkan tegangan yang timbul  $F_y$  dengan tegangan maksimum yang diijinkan  $F_a$  dimana tegangan maksimum yang diijinkan harus  $\geq$  yang timbul.

**Analisis murbaut**

Kekuatan baut maupun mur bergantung pada beban awal yaitu pada kekencangan ikatannya<sup>5)</sup> Putaran mur menyebabkan timbulnya torsi pada diameter minor baut.

$$\tau = \frac{16.T}{\pi.d_r^3} \tag{3}$$

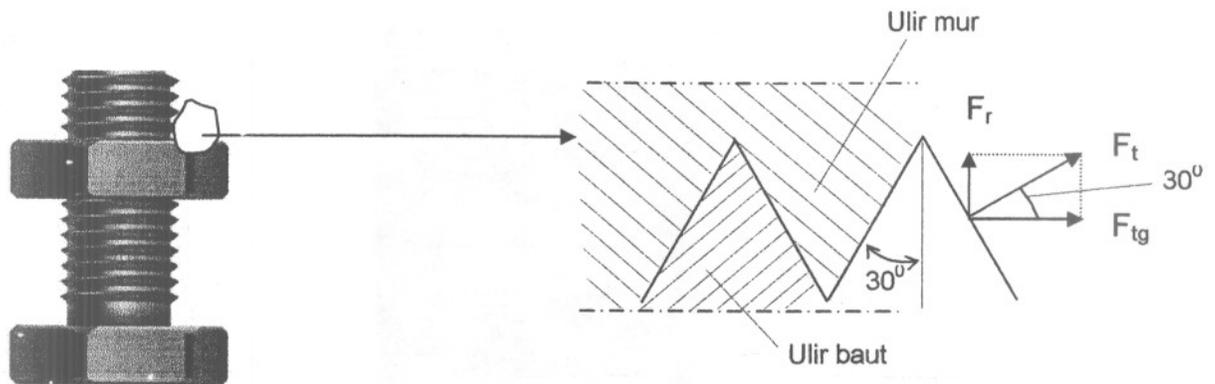
dengan:

$\tau$  = Torsi (N/mm<sup>2</sup>)

$T$  = Momen putar (N mm)

$d_r$  = Diameter minor baut (mm)

Torsi pada baut akan menimbulkan gaya tarik  $F_t$  yang merupakan resultan dari gaya radial  $F_r$  dan gaya tangensial  $F_{tg}$  pada pasangan ulir mur-baut (Gambar 3).



Gambar 3. Pasangan murbaut

$$F_{tg} = \tau \cdot A_s \quad (4)$$

Dimana  $A_s = \pi \cdot d_r \cdot w_i \cdot \text{pitch} \quad (5)$

Dari Gambar 3:  $F_t = F_{tg} / \cos 30 = 1,15 F_{tg} \quad (6)$

dengan:

$A_s =$  Luasan tegangan geser  $(\text{mm}^2)$

$w_i =$  Faktor luasan tegangan geser (tanpa satuan)

Pitch = Jarak antar puncak ulir  $(\text{mm})$

$A_i =$  Luas permukaan dinding kapsul bagian dalam  $(\text{mm}^2)$

$F_{tg} =$  Gaya tangensial  $(\text{N})$

$F_t =$  Gaya tarik  $(\text{N})$

### TATA KERJA

#### Tahapan kerja

Kegiatan pembuatan dudukan motor kapsul silikon RSG-GA Siwabessy dilakukan dengan beberapa tahapan yang meliputi:

1. Pembuatan Gambar desain modifikasi;
2. Analisis kekuatan bahan penyangga dan murbaut;
3. Pabrikasi.

#### Bahan

1. Plat Aluminium 5 mm
2. Plat Stainless steel 10 mm
3. Murbaut SS M 8
4. Ring murbaut.

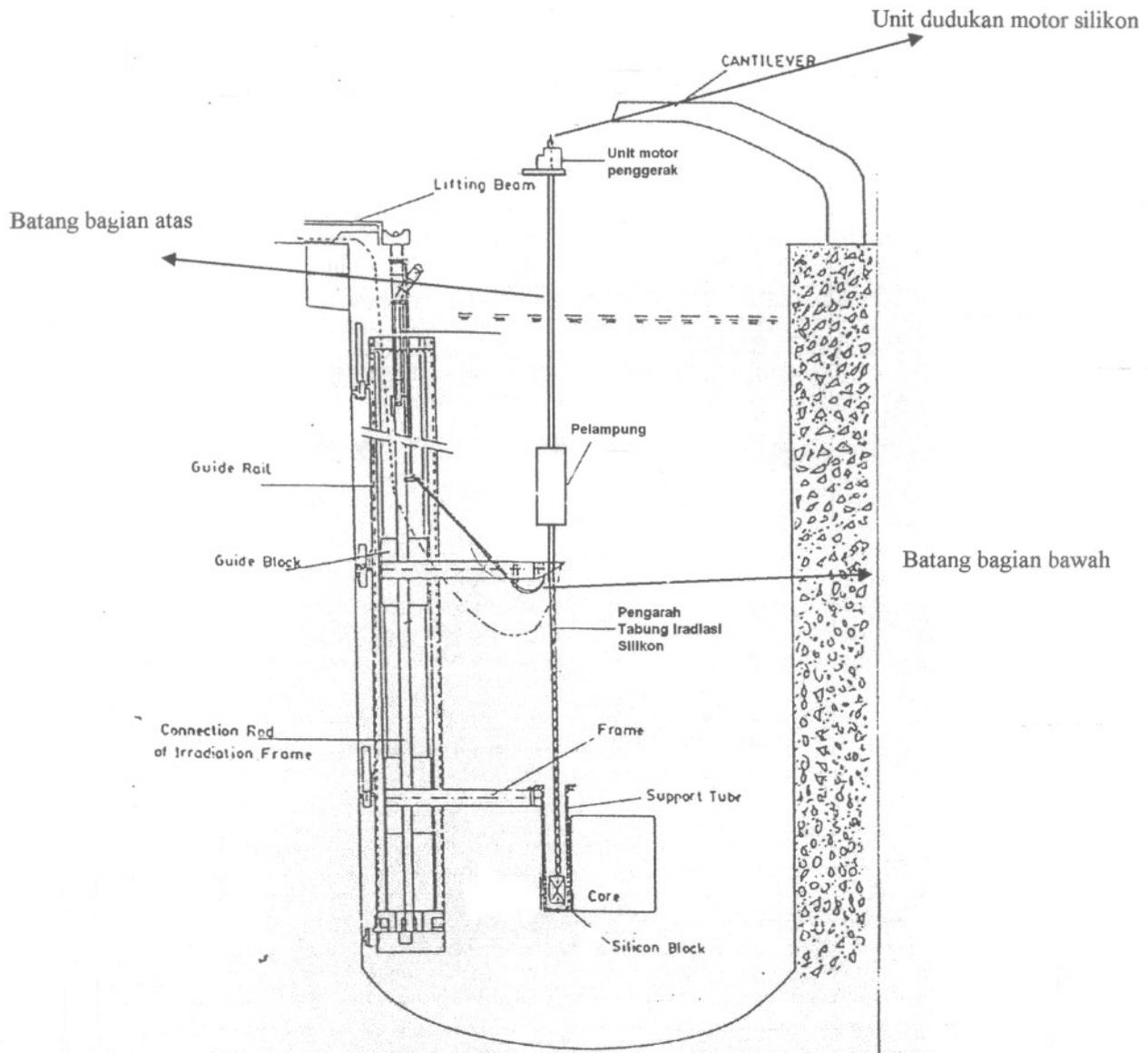
#### Alat

1. Mesin bubut
2. Mesin frais
3. Mesin las
4. Mesin potong
5. Mesin gerinda
6. Mesin bor
7. Kunci ring dan pas No. 13
8. *Safety shoes*
9. Helmcd ias
10. Pakaian kerja
11. Sarung tangan las
12. Kikir

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pembuatan Gambar desain modifikasi

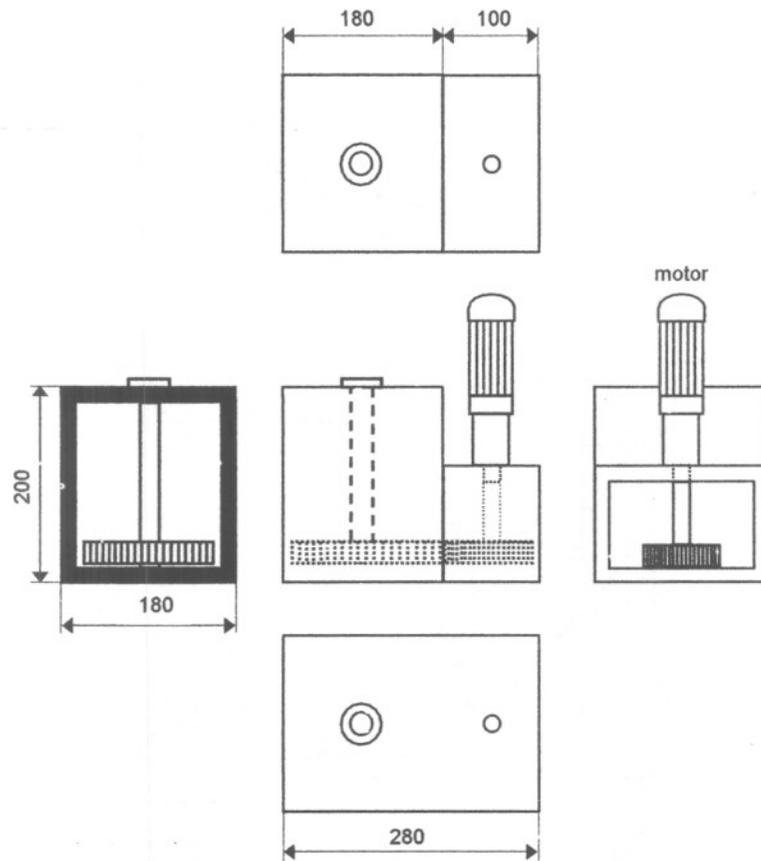
Gambar teknis fasilitas silikon doping RSG-GA Siwabessy modifikasi meliputi: dudukan motor silikon, batang bagian atas, batang bagian tengah dan batang bagian bawah Gambar Desain Fasilitas Silikon Doping termodifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



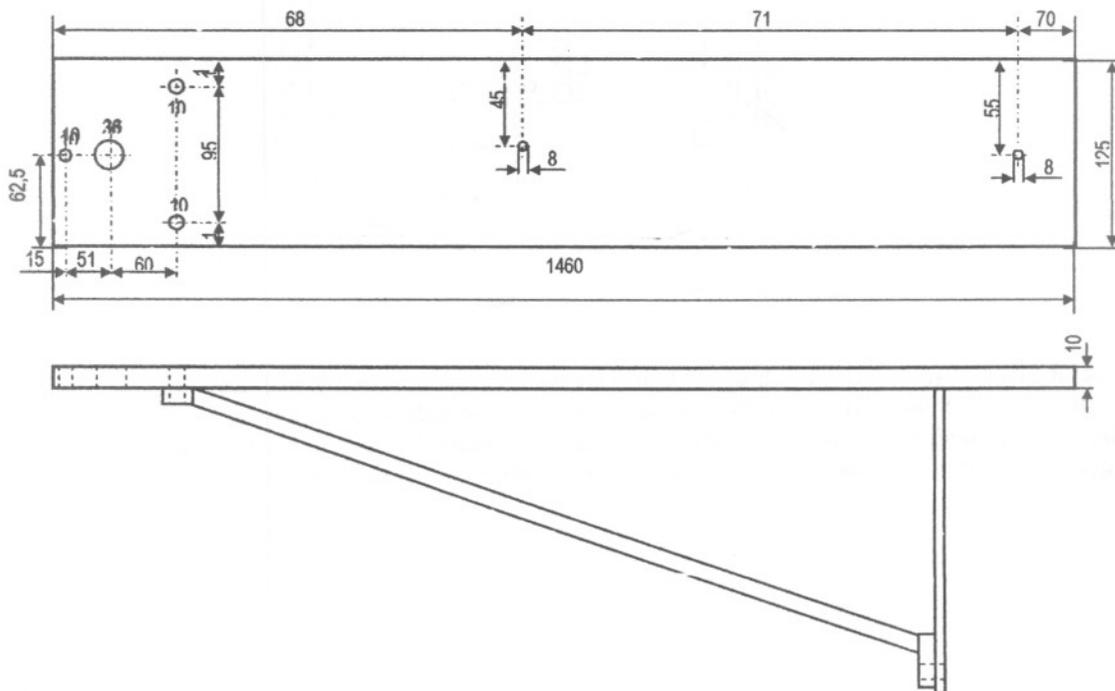
Gambar 4. Desain Fasilitas Silikon Doping termodifikasi

Gambar 4 menunjukkan desain Fasilitas silikon Doping RSG-GA Siwabessy. Bagian yang dimodifikasi adalah dudukan motor penggerak dan reduksi gear seperti terlihat pada Gambar 5 dan 6,

motor penggerak dan reduksi gear menggunakan yang telah tersedia dengan putaran 15 rpm, dudukan motor penggerak dan reduksi gear dibuat dengan bahan plat aluminium tebal 10 mm.



Gambar 5. Desain dudukan motor penggerak dan reduksi gear



Gambar 6. Desain plat dudukan motor penggerak dan reduksi gear

Pelat dudukan motor penggerak dibuat dari bahan *stainless steel* dengan ketebalan 10 mm, lebar 125 mm dan panjang 1460 mm dan disangga oleh pipa pejal SS  $\phi$  10 mm sebanyak 2 buah yang diikat oleh mur baut SS M8 panjang 100 mm sebanyak 7 buah.

#### Analisis kekuatan bahan penyangga dan murbaut

- **Analisis kekuatan bahan penyangga**

Beban yang bekerja pada penyangga adalah 60 kg (motor, unit gigi reduksi, kapsul silikon dan batang pemutar), jarak titik beban dari penyangga adalah 6 cm = 60 mm, dari rumus (1) dapat dihitung momen lentur  $M_l = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 600 \text{ mm} = 353160 \text{ N} \cdot \text{mm}$

Tegangan lengkung yang terjadi pada penyangga dapat dihitung dengan rumus (2), dimana section modulus ( $S_{x-x}$ ) adalah  $3,56^3$  sehingga,  $F_y = 9920,2 \text{ N}$ , untuk mengantisipasi beban dinamik tak terduga maka beban yang timbul dikalikan dengan faktor pergandaan (k), dimana untuk penyangga *safety class* harga  $k = 1,666^2$ . Sehingga  $F_y = 9920,2 \text{ N} \times 1,666 = 16527 \text{ N}$

Sedangkan kekuatan bahan *stainless steel* dengan ketebalan 10 mm mempunyai kekuatan menahan beban maksimum  $24,9 \text{ kips} = 110993,5 \text{ N}^3$ . Hal ini berarti bahwa penyangga utama aman terhadap beban yang timbul.

- **Analisis murbaut**

Ikatan 7 baut pengikat pada penyangga masing-masing dikencangkan dengan kekuatan

momen  $T = 15 \text{ Nm} = 15000 \text{ Nmm}^3$ . Untuk baut ukuran M-8 memiliki diameter minor  $d_r = 6,77 \text{ mm}$  dan pitch = 1 mm<sup>4</sup>. Besarnya torsi  $\tau$  dicari menggunakan persamaan (3).  $\tau = [16(15000)] / [\pi(6,77)] = 246 \text{ N/mm}^2$  nilai  $w_i = 0,8^5$  sehingga luasan tegangan geser  $A_s$  melalui persamaan (5) adalah  $A_s = \pi \times 6,77 \times 0,8 \times 1 = 17 \text{ mm}^2$  dan melalui persamaan (4) gaya tangensial  $F_{tg} = 246 \times 17 = 4182 \text{ N}$ . Gaya tarik  $F_t$  pada baut melalui persamaan (6) adalah  $F_t = 1,15 \times 4182 = 4809 \text{ N}$ . Nilai ini hanya untuk 1 buah baut sehingga untuk 7 baut  $F_{t \text{ total}} = 4809 \times 7 = 33663 \text{ N}$ . Sedangkan Gaya total yang diakibatkan beban adalah  $F_y = 9920,2 \text{ N} \times 1,666 = 16527 \text{ N}$ , maka 7 buah murbaut M8 aman untuk menahan beban yang ditimbulkan.

#### Pabrikasi

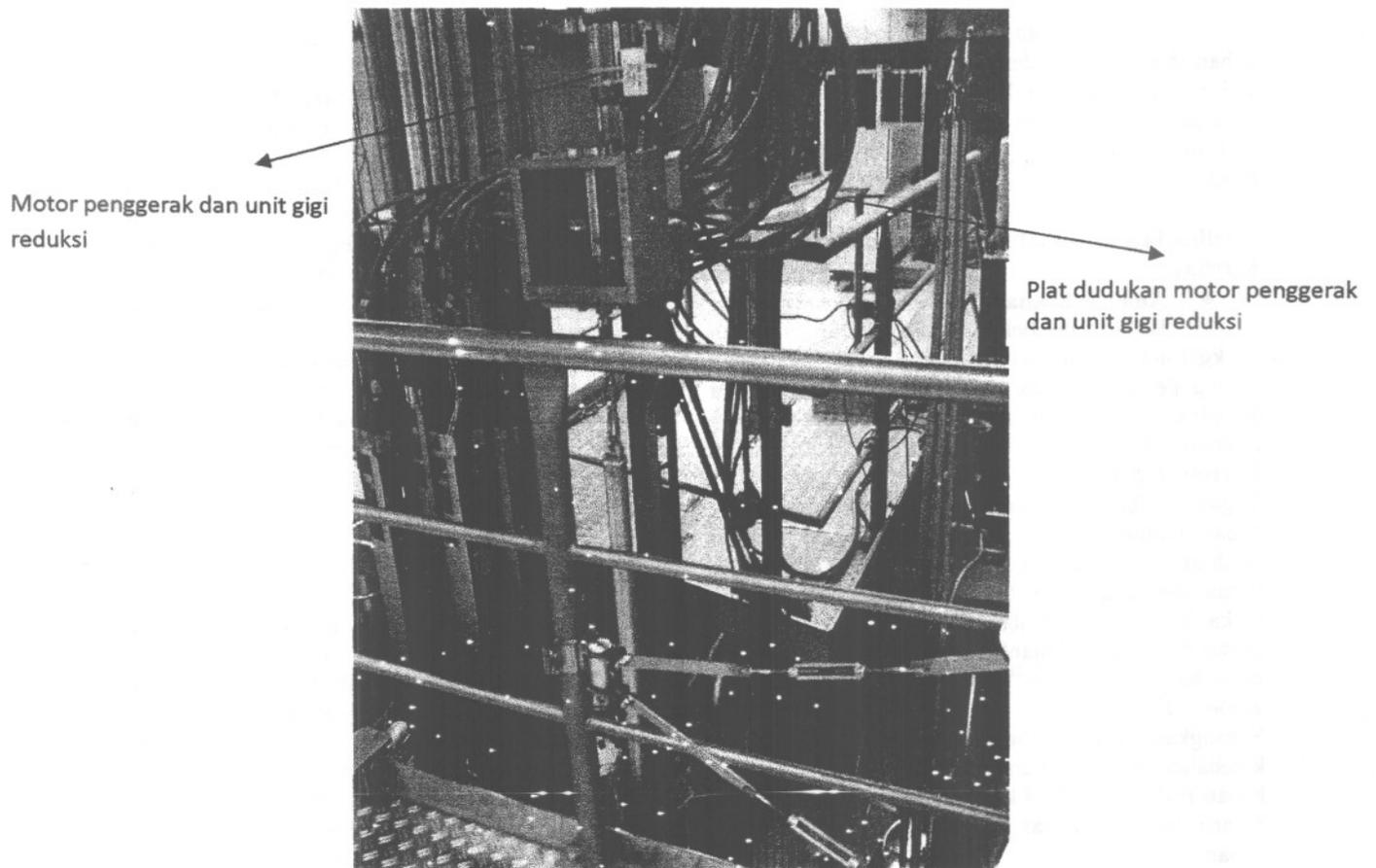
Pelaksanaan pabrikasi modifikasi dudukan motor silikon doping di RSG-GA Siwabessy dilakukan dengan beberapa tahapan yang meliputi memodifikasi: dudukan motor penggerak dan unit gigi reduksi, plat dudukan motor penggerak. Sebelum melaksanakan pabrikasi modifikasi kegiatan pertama adalah menyiapkan bahan yang akan digunakan untuk modifikasi, bahan yang digunakan harus memperhatikan standar bahan yang diijinkan untuk instalasi reaktor nuklir dan mudah diperoleh dipasaran, sedangkan peralatan yang digunakan menggunakan peralatan bengkel yang dimiliki oleh PRSG. Spesifikasi bahan yang akan digunakan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi bahan yang digunakan.

No	Nama komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Dudukan motor penggerak dan unit gigi reduksi	Pelat Al tebal 10 mm	1 lembar
2	Plat dudukan motor penggerak dan unit gigi reduksi	Pelat SS tebal 10 mm Pipa SS $\Phi$ 1"	1 lembar 1 batang
3	Baut dan mur	SS M 8 L = 100	20 buah

Pembuatan dudukan motor penggerak dan reduksi gear motor seta plat dudukan motor penggerak dan unit gigi reduksi tersebut dilakukan

dengan proses pemotongan, pengeboran, pembubutan dan pengelasan. Bentuk hasil pembuatan ditunjukkan pada Gambar 7..



Gambar 7. Hasil Pabrikasi dudukan motor silikon doping

#### Uji fungsi

Setelah selesai dirangkai kemudian dilakukan uji fungsi atas kinerja dari peralatan tersebut, uji fungsi dilakukan dalam kondisi reaktor padam. Hasil dari uji fungsi telah didapatkan hasil yang baik yaitu fasilitas Silikon Doping dengan vibrasi yang sangat kecil sehingga memenuhi syarat untuk dioperasikan.

Gambar 7 menunjukkan hasil pabrikasi dudukan motor silikon doping RSG-GAS pada posisi samping teras reaktor. Hasil yang diperoleh dari kegiatan ini adalah seperangkat peralatan modifikasi dudukan motor silikon doping di RSG-GA Siwabessy yang siap digunakan.

#### KESIMPULAN

Modifikasi dudukan motor silikon doping di RSG-GA Siwabessy telah selesai dilaksanakan sesuai dengan yang direncanakan, dari hasil analisis kekuatan bahan penyangga dan murbaut adalah aman terhadap pembebanan yang terjadi sehingga dudukan motor dapat di pabrikasi. Hasil uji fungsi

dinyatakan baik karena vibrasi yang dihasilkan sangat kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA-TECDOC-1681 "Neutron Transmutation Doping of Silicon at Research Reactor" IAEA-VIENNA, 2012
2. S.TIMOSHENKO," Strength of Material",d.Van Nostrad Company Inc New York 1996
3. Charles, G.Salmon and John, E.Johnson, Steel Structures, Design and Behavior, second edision, 1998.
4. Manual of Steel construction, Allowable stress Design, ninth edition, chicago 1992
5. ROBERT L. NORTON, "Machine Design An Integrated Approach", Third Edition, Pearson Prentice Hall, 2006.