



DESAIN RINCI PEREKAYASAAN PERANGKAT LOADING-UNLOADING ISOTOP BRAKITERAPI UNTUK PENYEMBUHAN KANKER SERVIK

Ari Satmoko¹, Tri Harjanto², Krismawan³, A Rifai⁴, Hendra Prasetia⁵, Sanda⁶, dan Atang Susila⁷

^{1,2,3,4,6,7}Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

²Pusat Reaktor Serba Guna - Badan Tenaga Nuklir Nasional, Kawasan Puspipstek Gd. 30, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK.

DESAIN RINCI PEREKAYASAAN PERANGKAT LOADING-UNLOADING ISOTOP BRAKITERAPI UNTUK PENYEMBUHAN KANKER SERVIK. Kegiatan perengkayasa brakiterapi PI PKPP 2011 bertujuan untuk menghasilkan desain rinci perangkat brakiterapi kanker servik dosis sedang dengan memanfaatkan sumber isotop Iridium-192 berkekuatan antara 5 hingga 10 Curie. Sumber dibungkus dalam kapsul stainless steel SS-316 yang dirangkai dengan sling SS-316 berdiameter sekitar 1 mm dan panjang 1800 mm. Kegiatan telah menghasilkan desain rinci tiga modul mekanik, satu modul instrumentasi dan kontrol dan satu modul tampilan. Ketiga desain modul mekanik berupa modul penggerak sling, modul kontainer sumber dan modul distributor channel. Modul penggerak sling didesain untuk menggerakkan sling yang telah dirangkai dengan sumber isotop Iridium-192. Sling dijepit di antara drum dan sabuk, sedemikian sehingga ketika drum diputar oleh motor stepper maka sling akan bergerak. Modul kontainer sumber didesain sebagai penyimpan dan perisai radiasi pada saat sumber isotop berada dalam posisi standby. Perangkat brakiterapi memiliki 12 channel atau jalur keluaran. Pemilihan jalur mana yang diambil ditentukan motor stepper yang terdapat pada modul distributor channel. Selain desain modul mekanik, terdapat pula desain modul instrumentasi dan kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan gerakan posisi sumber pada perangkat brakiterapi. Di samping itu, terdapat juga desain modul tampilan yang berfungsi sebagai perantara bagi operator untuk berkomunikasi dengan perangkat brakiterapi.

Kata kunci: brakiterapi, desain rinci, mekanik, instrumentasi dan kontrol, sumber isotop

ABSTRACT

DETAILED ENGINEERING DESIGN FOR LOADING-UNLOADING ISOTOPE SOURCE IN BRACHYTHERAPY DEVICE FOR CERVICAL CANCER THERAPY. Under PI PKPP 2011 program, engineering activities have a purpose to establish a detailed design of the cervical cancer brachytherapy with medium dose rate. The brachytherapy will use an Iridium-92 source with the emitting radiation of 5 to 10 Curies. The source is wrapped in SS-316 capsule and carried by a SS-316 wire having diameter of about 1 mm dan length of 1800 mm. The activities have produced some detailed designs for three mechanical modules, one detailed design of module of instrumentasi and control and one detailed design of display module. The three mechanical modules include a positioning wire module, a source container module and a distributor channel modul. The positioning wire module is designed to move the wire that has been coupled with isotope Iridium-192 source. The wire is clamped in between the drum and the belt, such that when the drum is rotated by a stepper motor, it will move the wire. The source container module is designed as a storage container and as radiation shielding when the isotope source is in the standby position. The brachytherapy device has 12 channels. The selection of which path to take is determined by stepper motor contained in the distributor channel module. In addition to mechanical modules, there is also the instrumentation and control module that is designed to control the movement isotope source position in brachytherapy devices. In addition, there is also a display module that is designed as an intermediary for the operator to communicate with brachytherapy devices.

Keywords: brachytherapy, detailed design, mechanical, instrumentation and control, isotope source



1. PENDAHULUAN

Salah satu teknik penyembuhan penyakit kanker servik adalah dengan iradiasi menggunakan peralatan brakiterapi. Teknik ini telah banyak dikembangkan terutama di negara-negara maju, namun belum banyak diterapkan di Indonesia. Salah satu kendala belum banyaknya rumah sakit dan pasien di Indonesia yang belum tersentuh dengan teknik ini adalah mahalnnya biaya terapi yang tak lain disebabkan oleh tingginya harga peralatan brakiterapi. Dalam rangka memecahkan masalah inilah, maka dikembangkan brakiterapi kanker servik dengan menekankan pada kandungan lokal dalam negeri. Di sisi lain, Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy di Batan Serpong mampu memproduksi sumber radioaktif Iridium-192 yang dapat digunakan sebagai sumber penyinaran kanker serviks.

Brakiterapi kanker servik telah lama dikembangkan oleh PRPN^[1]. Hingga tahun 2009, telah dihasilkan perangkat brakiterapi dosis rendah. Namun perangkat ini memberikan efek kurang nyaman terhadap pasien karena waktu yang diperlukan untuk proses iradiasi lebih dari 5 jam. Mulai tahun 2010, brakiterapi dosis sedang dikembangkan dengan memanfaatkan sumber isotop Iridium-192 yang berkekuatan antara 5 hingga 10 Curie. Dengan dosis kekuatan seperti ini, lama terapi hanya dalam hitungan menit. Namun sebagai konsekuensinya, baik pasien maupun operator medis harus terhindar dari efek samping berupa paparan radioaktif berlebihan. Hal ini mensyaratkan gerakan sumber isotop secepat mungkin. Kegiatan PI PKPP 2011 terfokus pada pengembangan desain rinci perangkat brakiterapi dosis sedang^[2].

Sumber isotop yang digunakan berupa Iridium-192 yang dibungkus dalam kapsul *stainless steel* SS-316. Kapsul ini dirangkai dengan *sling* atau kawat SS-316 berdiameter sekitar 1 mm dan panjang 1800 mm. Ketika terapi kanker servik dilaksanakan, *catheter* atau aplikator dimasukkan ke dalam tubuh pasien dan kemudian sumber isotop dimasukkan ke dalam lubang aplikator tersebut. Posisi dan kecepatan gerakan sumber isotop dikendalikan melalui pemrograman sesuai dengan kondisi penyakit pasien. Perangkat *loading-unloading* sumber isotop inilah yang menjadi fokus dalam pengembangan desain rinci perangkat brakiterapi.

2. TATA KERJA RANCANGAN

Desain rinci dikembangkan dengan mengacu pada desain konsep dan desain dasar yang telah dikembangkan sebelumnya. Tujuan dari desain rinci adalah menghasilkan gambar rinci yang akan menjadi referensi untuk kegiatan konstruksi. Adapun tahapan desain rinci adalah:

- mempelajari dan mengevaluasi desain konsep dan desain dasar
- mengembangkan desain rinci per modul
- melaksanakan iterasi di antara modul-modul terkait

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain konsep dan desain dasar perangkat brakiterapi kanker servik dosis sedang telah dikembangkan dalam kegiatan DIPA PRPN tahun anggaran 2010^[3]. Tahap kegiatan berikutnya berupa pengembangan desain rinci menjadi fokus kegiatan PI PKPP tahun anggaran 2011. Dalam tahap ini, konfigurasi semua komponen-komponen telah tersusun dan siap untuk difabrikasi. Secara umum komponen utama perangkat TDS terdiri dari tiga modul mekanik, satu modul instrumentasi dan *control* serta satu modul tampilan. Ketiga modul mekanik meliputi modul penggerak *sling*, modul kontainer sumber, dan modul *distributor channel*. Berikut hasil desain rinci dan penjelasannya.

3.1. Modul Penggerak *Sling*

Modul penggerak *sling* merupakan modul yang berfungsi untuk menggerakkan maju-mundur posisi sumber isotop Iridium-192. Sumber ini dibungkus dalam kapsul SS 316L berdiameter luar 1,10 mm. Kapsul ini dirangkai dengan kawat *sling stainless steel* berdiameter 1,04



mm dan panjang 1800 mm. Komponen utama modul penggerak sumber ini adalah motor *stepper* tipe A50K-M566-G10.

Modul juga dilengkapi dengan *sling checker* yang berguna untuk memeriksa apakah gerakan sumber akan bergerak seperti yang telah diprogram. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum terapi dengan sumber Iridium dilakukan. Dimensi *sling checker* sama dengan *sling* sumber dan juga dilengkapi dengan motor *stepper* yang sama dengan *sling* sumber. Perbedaan hanya terletak pada tiadanya sumber radioaktif pada ujung *sling checker*. *General drawing* dari modul penggerak sumber ditunjukkan dalam Lampiran 1. Di samping gambar tersebut, gambar detail per komponen juga telah dihasilkan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Daftar gambar rinci komponen modul penggerak sumber

No	No Dokumen	Komponen	Keterangan
1	GT.IB 10-2.1.2.1.00.00	<i>General Drawing</i> Modul Penggerak <i>sling</i>	
2	GT.IB 10-2.1.2.1.01.00	Cam Pollower	
3	GT.IB 10-2.1.2.1.02.00	Tensioner	
4	GT.IB 10-2.1.2.1.03.00	Base Plate	
5	GT.IB 10-2.1.2.1.04.00	Drum <i>Sling</i> Sumber	
6	GT.IB 10-2.1.2.1.05.00	Adapter drum	
7	GT.IB 10-2.1.2.1.06.00	Pemutar Manual Sumber	
8	GT.IB 10-2.1.2.1.08.00	Pengarah <i>Sling</i> Sumber	
9	GT.IB 10-2.1.2.1.10.00	Penahan Pengarah <i>sling</i>	
10	GT.IB 10-2.1.2.1.12.00	Penahan Pengarah <i>sling</i> Dummy	
11	GT.IB 10-2.1.2.1.13.00	Pengarah <i>sling</i> Dummy	
12	GT.IB 10-2.1.2.1.14.00	Drum <i>Sling</i> Dummy	
13	GT.IB 10-2.1.2.1.15.00	Pemutar Manual Dummy	
14	GT.IB 10-2.1.2.1.16.00	Penjepit <i>sling</i> Sumber	
15	GT.IB 10-2.1.2.1.17.00	Penjepit <i>Sling</i> dummy	
16	GT.IB 10-2.1.2.1.18.00	Motor <i>stepper</i>	

3.2. Modul kontainer Sumber

Modul kontainer berfungsi sebagai perisai radiasi pada saat sumber tidak digunakan atau dalam keadaan stand by. Komponen utama modul ini adalah shielding yang terbuat dari bahan Timbal (Pb). Penentuan ketebalan Pb dan perkiraan berat telah dilakukan dalam Laporan Teknis^[4]. *General drawing* dari modul kontainer sumber ditunjukkan dalam Lampiran 2. Gambar detail per komponen juga telah dihasilkan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Daftar gambar rinci komponen modul kontainer pengaman

No	No Dokumen	Komponen	Keterangan
1	GT.IB 10-2.1.2.2.00.00	Modul Container Sumber <i>General Drawing</i>	
2	GT.IB 10-2.1.2.2.01.00	Flange container Sumber	
3	GT.IB 10-2.1.2.2.02A.00	Casing Kontainer Sumber	
4	GT.IB 10-2.1.2.2.02B.00	Casing Kontainer Sumber	
5	GT.IB 10-2.1.2.2.03.00	<i>Three Ways</i>	
6	GT.IB 10-2.1.2.2.04.00	Penutup Kanan Kontainer Sumber	
7	GT.IB 10-2.1.2.2.05.00	Kaki Kontainer Sumber	
8	GT.IB 10-2.1.2.2.06.00	Penutup Kiri Kontainer Sumber	
9	GT.IB 10-2.1.2.2.07.00	Pembungkus <i>sling</i>	
10	GT.IB 10-2.1.2.2.08.00	Pembungkus <i>sling</i>	
11	GT.IB 10-2.1.2.2.09.00	Dudukan Kontainer Sumber	
12	GT.IB 10-2.1.2.2.10.00	Kontainer Sumber	
13	GT.IB 10-2.1.2.2.11.00	Nipel	



3.3. Modul *distributor channel* dan modul transfer *tube*

Modul *distributor channel* berfungsi untuk memilih jalur keluaran yang akan digunakan. Jumlah *channel* terdiri dari 12. Sedangkan, modul *transfer tube* berfungsi sebagai perantara antara perangkat brakiterapi dengan aplikator. *Transfer tube* harus bersifat fleksibel. Rongga lintasan *sling* sumber tidak boleh terlalu ketat karena dapat mengganggu fleksibilitas gerakan sumber isotop^[5]. Sebaliknya, rongga juga tidak boleh terlalu lebar karena dapat mengakibatkan potensi ketidak-precisian posisi sumber isotop^[6]. *General drawing* modul *distributor channel* dan modul *transfer tube* ditunjukkan dalam Lampiran 3. Sedangkan gambar-gambar teknis rinci didata dalam Tabel 3.

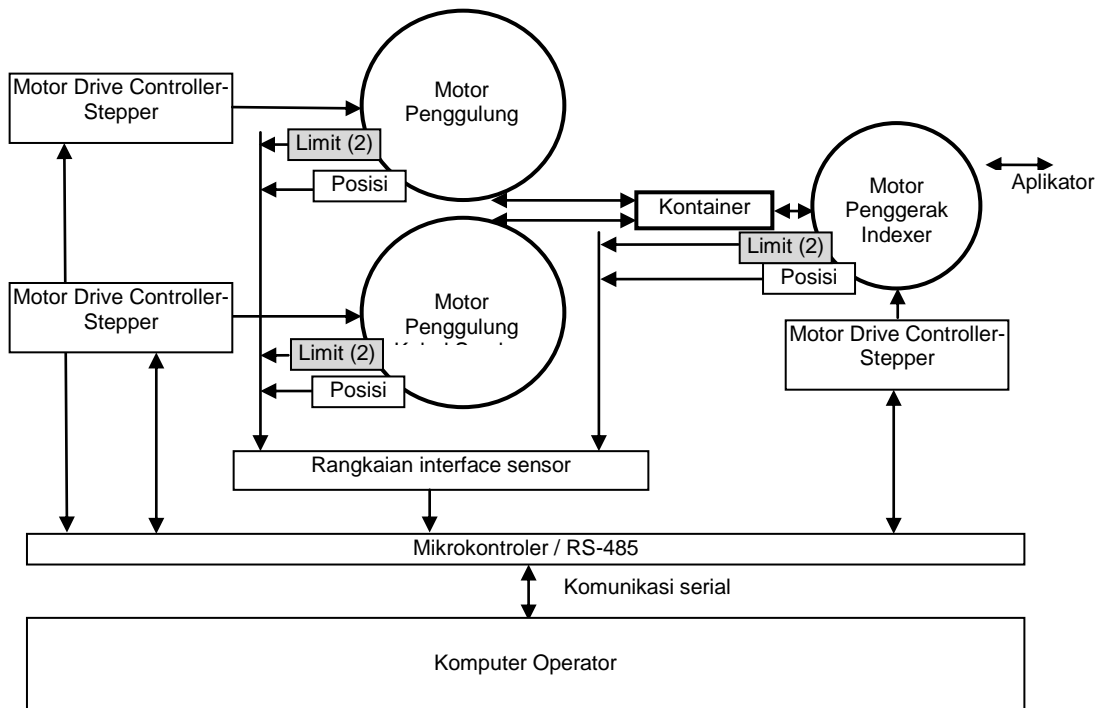
Tabel 3. Daftar gambar rinci komponen modul *distributor channel*

No	No Dokumen	Komponen	Keterangan
1	GT.IB 10-2.1.2.3.00.00	Modul <i>distributor channel</i> <i>General Drawing</i>	
2	GT.IB 10-2.1.2.3.05.00	Kedudukan motor	
3	GT.IB 10-2.1.2.3.07.00	Motor <i>Stepper Hollow</i>	
4	GT.IB 10-2.1.2.3.08.00	Poros motor <i>hollow</i>	
5	GT.IB 10-2.1.2.3.09.00	Tabung komponen	
6	GT.IB 10-2.1.2.3.10.00	Piringan Indexer	
7	GT.IB 10-2.1.2.3.12.00	Tabung Penggerak <i>Tube</i>	
8	GT.IB 10-2.1.2.3.13.00	<i>Tube</i> Pemindah chanel	
9	GT.IB 10-2.1.2.3.17.00	Poros Bearing Pengarah	
10	GT.IB 10-2.1.2.3.20.00	Piringan Konektor Tetap	
11	GT.IB 10-2.1.2.3.23.00	Piringan Konektor Putar	
12	GT.IB 10-2.1.2.3.24.00	Nipel <i>Tube</i> Fleksibel	
13	GT.IB 10-2.1.2.3.25.00	Penutup Piringan Konektor	

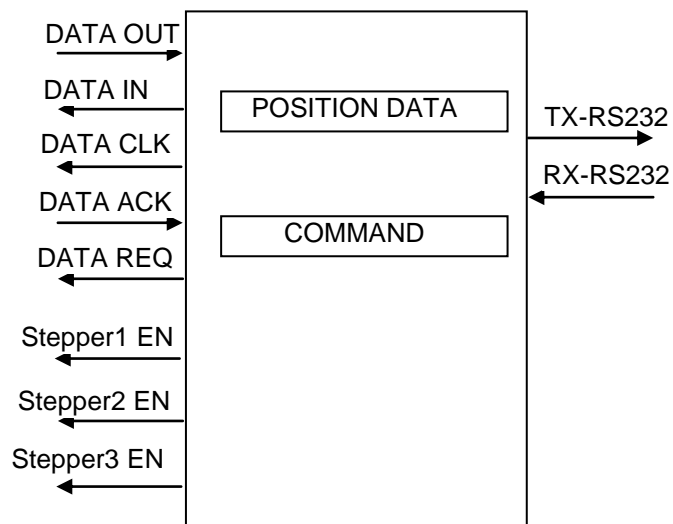
Pemodelan 3D ketiga modul di atas juga dilakukan dengan menggunakan piranti lunak CATIA. Dengan piranti lunak ini, hubungan antar muka ketiga modul ini dapat dievaluasi dengan mudah. Hasil pemodelan 3D ditunjukkan dalam Lampiran 4.

3.4. Modul Instrumentasi dan Kontrol

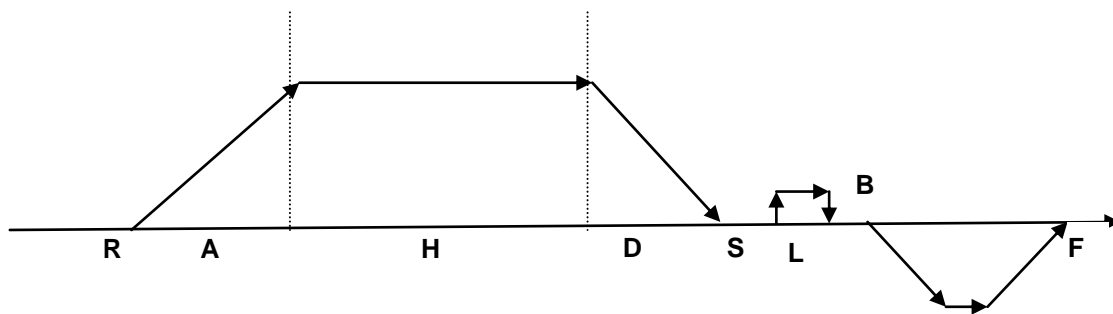
Prinsip kerja sistem instrumentasi dan kontrol brakiterapi dosis sedang ditunjukkan dalam Gambar 1. Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur tiga subsistem penggerak motor *stepper*. Di samping itu, mikrokontroler juga berfungsi untuk berkomunikasi dengan komputer yang mengatur *user control* panel dan tampilan. Secara diagram blok, penggunaan pin-pin dalam mikrokontroler ini ditunjukkan dalam Gambar 2. Komunikasi pada tiap modul penggerak *stepper* dipilih melalui keluaran *Stepper1-EN*, *Stepper2-EN*, dan *Stepper3-EN*. Profil gerakan sumber dan contoh gerakan ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 1. Prinsip kerja sistem instrumentasi dan kontrol



Gambar 2. Mikrokontroler pengendali



R=mulai bergerak
A=percepat
H=kecepatan konstan
D=perlambat
S=berhenti
L=kecepatan terendah
B=mundur
F=selesai

CONTOH DATA GERAK:

R
A100
H1600
D100
S3000
B
A100
H1600
D100
F

Gambar 3. Profil gerakan sumber

3.5 Modul tampilan pada monitor

Modul ini berfungsi sebagai *interface* antara operator dan perangkat brakiterapi. Operator memasukkan data yang kemudian diolah oleh sistem mikroprosesor. Data yang dibutuhkan adalah data identitas pasien dan data teknis tentang proses terapi. Pemrograman dilakukan dengan bahasa Pascal.

Flowchart pemrograman dibahas dalam Laporan Teknis[]. Setelah program dieksekusi, pengguna dihadapkan pada form *editing* untuk pengisian parameter lokasi dan lama berhentinya (Gambar 4). Pengguna harus memberikan centang dan menuliskan angka lama waktu berhenti dalam satuan mili detik. Posisi pemberian centang sesuai dengan lokasi yang diinginkan untuk berhenti. Setelah selesai maka pengguna harus menekan tombol ok untuk menuju proses selanjutnya. Jika tombol *Save* yang ditekan maka disimpan seting tersebut dan jika tombol *Open* maka seting hasil editing akan hilang diganti dengan seting hasil pembukaan. Tombol keluar dipilih jika pengguna akan menutup aplikasi.

Setelah tombol OK dipilih maka akan muncul tampilan kedua yang berupa simulasi gerakan posisi sumber. Jika tombol *Preview* ditekan maka akan terjadi perubahan warna obyek (Gambar 5). Jika lokasi yang dicentang dipilih namun waktunya bernilai nol maka akan diberikan *warning*. Warna merah menggambarkan lokasi adanya sumber sedang warna hijau telah melewati sumber. Selain tombol *Preview* terdapat tombol *cancel* dan kirim. Tombol *cancel* berguna untuk kembali ke form *Editing* parameter. Tombol kirim berguna untuk mengirim parameter yang dimasukkan ke pengendali mikroprosesor.



Form1

Nama Pasien: ID Pasien:

Ref Dose: cGy

OK

Loading

Ref. Distance: mm Step Size: mm

CHANNEL 1

Poin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	20

CHANNEL 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12

CHANNEL 3

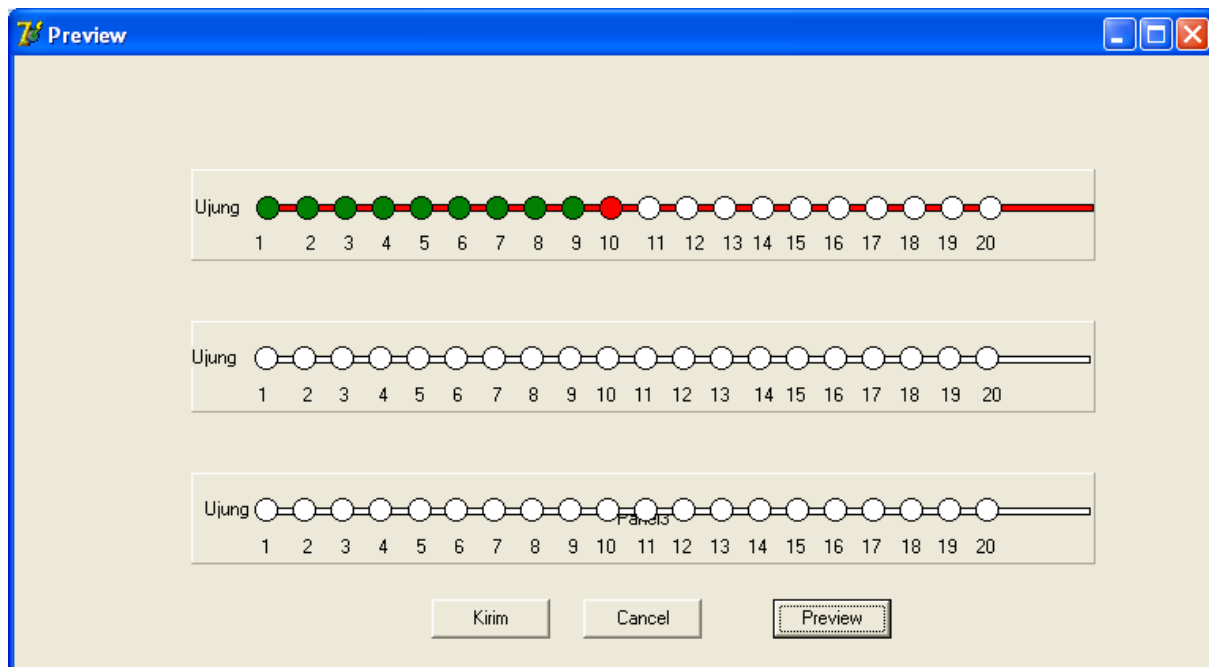
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	12	0	0	0	0	0	0	12	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10

Open File

Save

Keluar

Gambar 4. Tampilan pengisian data



Gambar 5. Visualisasi gerakan sumber Iridium-192

5. KESIMPULAN.

Telah dilakukan pengembangan desain rinci perangkat brakiterapi dosis sedang. Kegiatan telah menghasilkan tiga modul mekanik, modul instrumentasi dan kontrol dan modul tampilan. Ketiga modul mekanik berupa modul penggerak *sling*, modul kontainer sumber dan modul distributor *channel*. Modul penggerak *sling* berfungsi untuk menggerakkan *sling* yang telah



dirangkai dengan sumber isotop Iridium-192. *Sling* dijepit di antara drum dan sabuk, sedemikian sehingga ketika drum diputar oleh motor *stepper* maka *sling* akan bergerak. Dengan cara seperti ini, posisi sumber dapat dikontrol. Modul kontainer sumber berfungsi sebagai penyimpan dan perisai radiasi pada saat sumber isotop berada dalam posisi standby. Perangkat brakiterapi memiliki 12 *channel* atau jalur keluaran. Pemilihan jalur mana yang diambil ditentukan motor *stepper* yang terdapat pada modul distributor *channel*. Selain modul mekanik, terdapat pula modul instrumentasi dan kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan gerakan perangkat brakiterapi. Di samping itu, terdapat juga modul tampilan yang berfungsi sebagai perantara bagi operator untuk berkomunikasi dengan perangkat brakiterapi. Dengan diperolehnya desain rinci perangkat brakiterapi, maka tahap selanjutnya dapat dilanjutkan berupa kegiatan konstruksi atau fabrikasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada seluruh "Tim Brakiterapi" yang telah turut memberi masukan selama pelaksanaan desain rinci perangkat brakiterapi dosis sedang. Ucapan terima kasih juga diarahkan pada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah menyetujui dilaksanakannya kegiatan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. HARJANTO TRI, dkk, Perekayasaan Brachytherapy Dosis Rendah, Laporan Teknis PRPN 2009
2. ARI SATMOKO, Perekayasaan Perangkat Loading-Unloading Isotop Brakiterapi untuk Penyembuhan Kanker Servik, Proposal PI PKPP, 11 Maret 2011
3. SUSILA ATANG, Perekayasaan Brachytherapy Medium Doserate, Usulan Kegiatan, No. Dok. 440202/PRPN/2010, 10 Maret 2010
4. ARI SATMOKO, Perekayasaan Perangkat Loading-Unloading Isotop Brakiterapi untuk Penyembuhan Kanker Servik, Laporan Teknis PI PKPP, Batan-RPN-L-2011-010072, 24 Oktober 2011
5. SANDA dan ARI SATMOKO, Perhitungan Gerak Fleksibilitas Sumber Radiasi Isotop Ir-192 di Dalam Lubang *Tube* pada Perangkat Brakiterapi untuk Kanker Serviks, makalah sedang diajukan pada Seminar STTN 2011
6. ARI SATMOKO, Analisis Potensi Ketidak-precisian Posisi Sumber Isotop Iridium-192 Akibat Lintasan Belokan Pada Perangkat Brakiterapi Dosis Sedang, makalah sedang diajukan pada Seminar STTN 2011

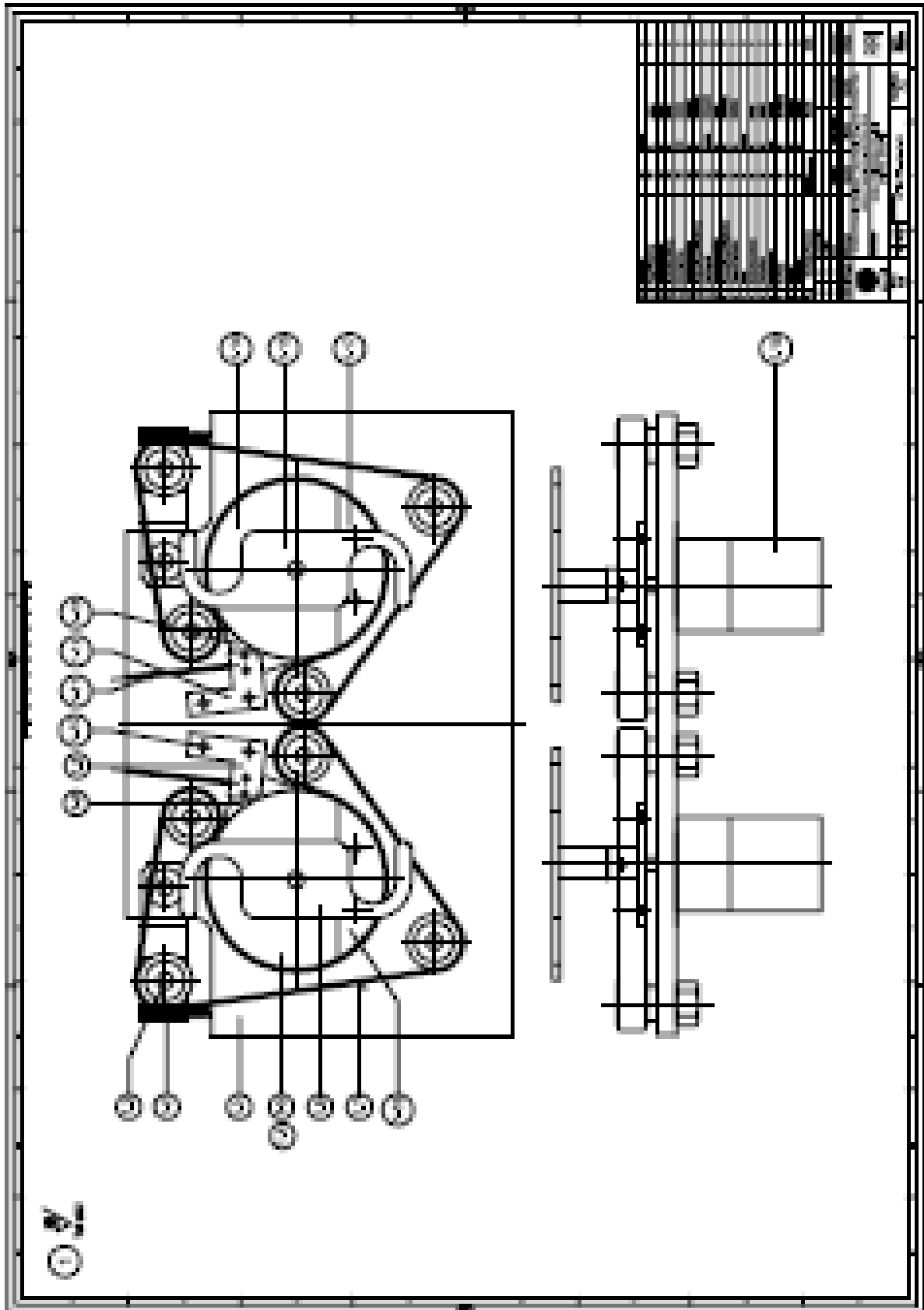
PERTANYAAN :

1. Bagaimana mekanisasi masuk-keluarnya sling pembawa sumber ? (MARADU SIBARANI)

JAWABAN :

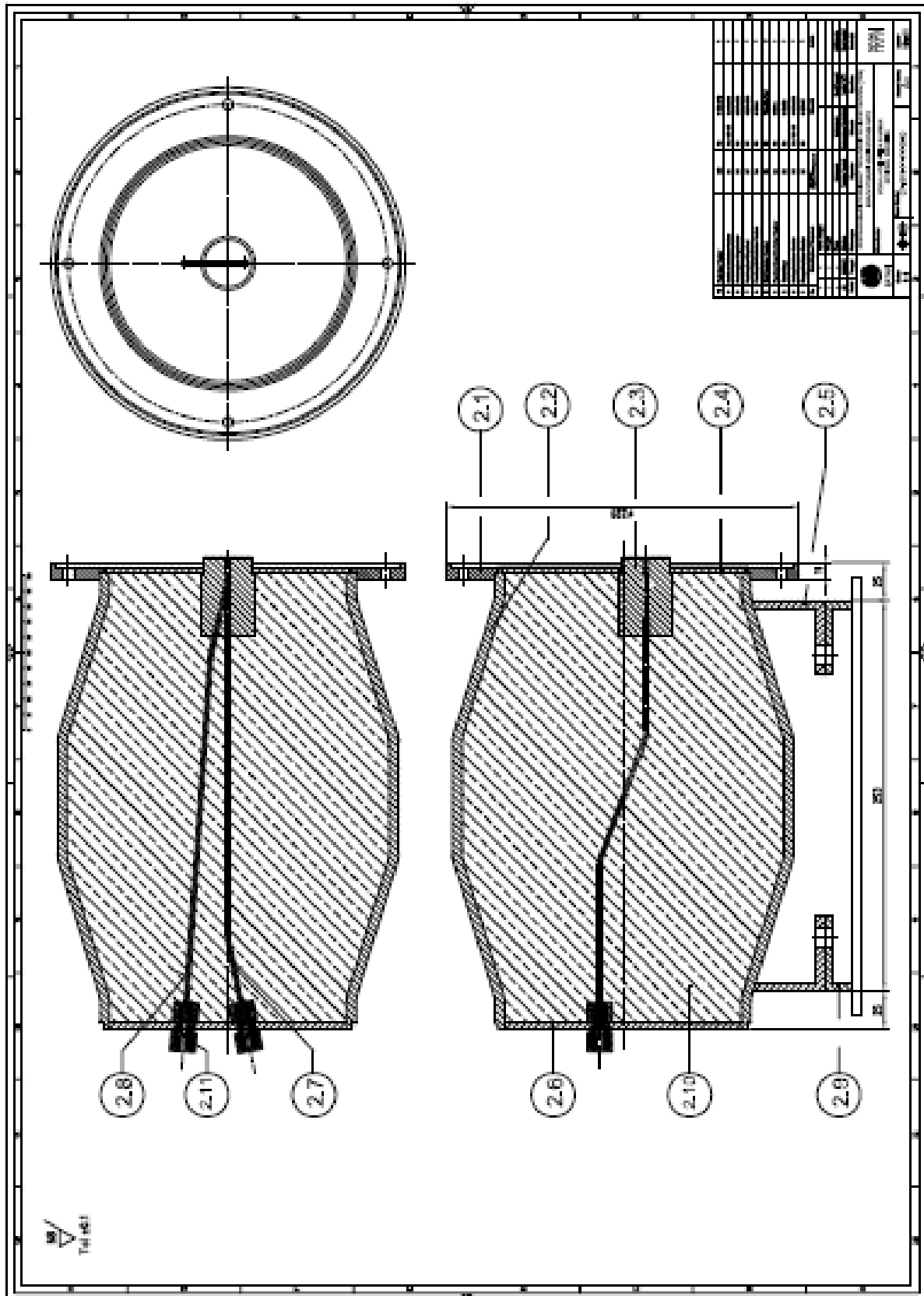
1. Pada tampilan gambar terlihat terdiri dari 1 pulley yang bisa bolak-balik.

Lampiran 1. Desain Modul Penggerak Sling



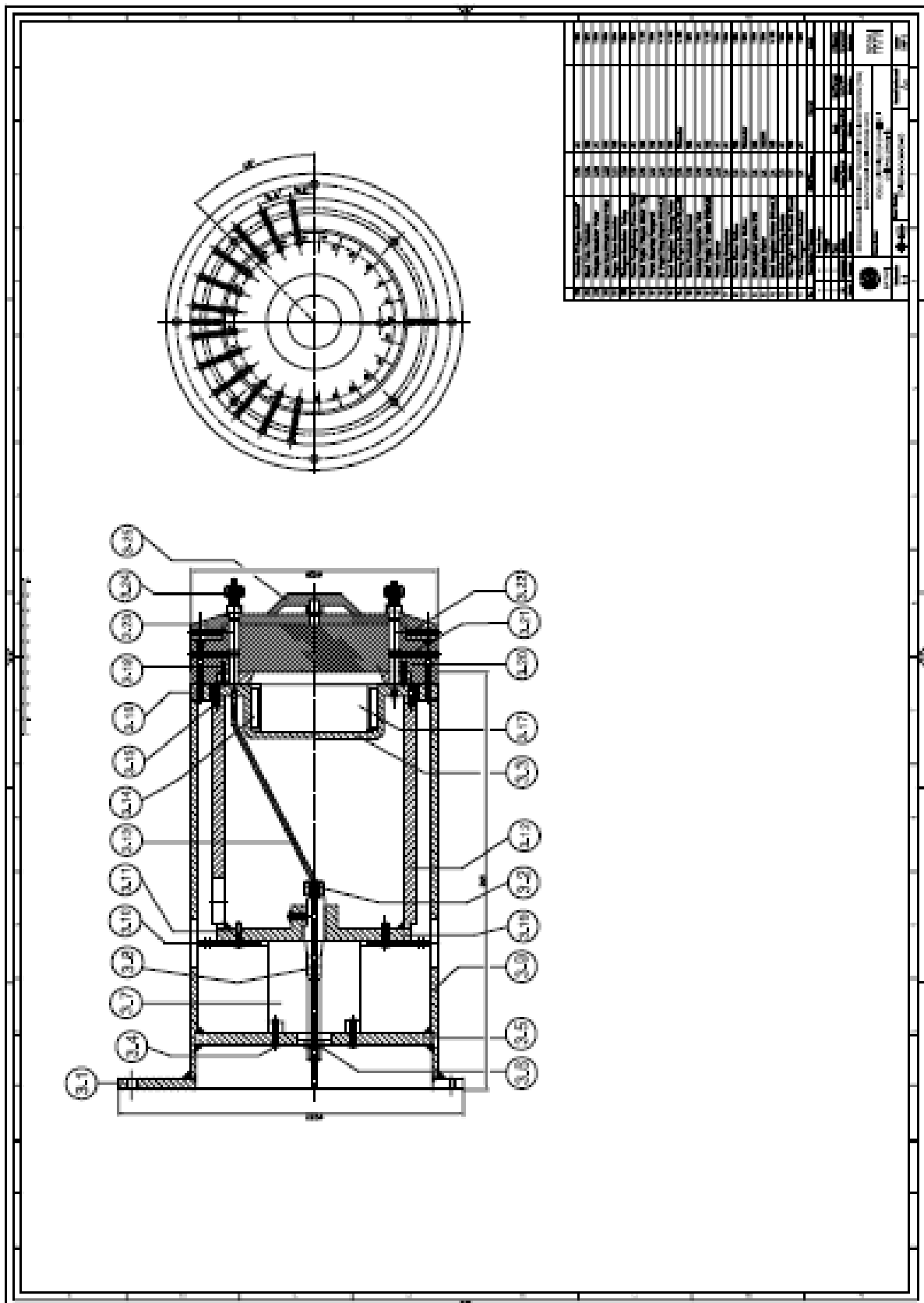


Lampiran 2. Desain Modul Container Sumber





Lampiran 3. Desain Modul Distributor *channel*





Lampiran 4. Pemodelan 3D

