

DOSCA (Dosimeter Co-Card Alarm) Alat Monitoring Dosis Radiasi Sinar-X

Sabda Amukti Fasai¹, Erika Loniza², Djoko Sukwono³

Abstract—One type of radiation which widely used in the field of radiodiagnostik is ionizing radiation. Ionizing radiation is a type of radiation with source of radiation X-ray plane that used in many medical purposes such as Roentgen photographs with various benefits. DOSCA (Dosimeter CO-Card Alarm) is an innovative tool that combine the application of dosemeter and dose meter rate technology, namely dosimeter which capable to provide information of dose rate and radiation dose simultaneously directly to the radiographer in effort to ensure radiographer safety while in the field radiation is guaranteed. The results of the tests that performed in the radiology room by using source of radiation X-ray plane which is controlled by fixed voltage 60Kv and mAs change start from 5mAs. At the expose, the dose point that read on the DOSCA and on BLiT is 0,01 μ Sv, then doing re-expose again, and the result on DOSCA and on BLiT is 0,02 μ Sv. At the third time expose, the result on DOSCA is read 0,02 μ Sv and on BLiT is 0,03 μ Sv. Then, when the mAs point is increased to 10mAs with a voltage 60Kv, on the DOSCA still produce 0,02 μ Sv point and on a BLiT is 0,06 μ Sv. Then doing re-expose again, on DOSCA is read 0,03 μ Sv and on BLiT is 0,07 μ Sv

Intisari— Salah satu jenis radiasi yang banyak digunakan dibidang radiodiagnostik adalah radiasi pengion. Radiasi pengion merupakan jenis radiasi dengan sumber radiasi pesawat sinar X yang digunakan untuk berbagai keperluan medik seperti foto Roentgen dengan berbagai manfaatnya. DOSCA (Dosimeter CO-Card Alarm) merupakan sebuah inovasi alat yang menggabungkan penggunaan teknologi laju dosemeter dan dose meter, yaitu dosimeter yang mampu memberikan informasi laju dosis dan dosis radiasi bersamaan secara langsung kepada radiographer dalam upaya agar kesehatan dan keselamatan kerja radiographer selama berada di medan radiasi terjamin. Hasil pengujian yang dilakukan di ruang radiologi dengan menggunakan sumber radiasi pesawat sinar-X yang pada kontrolnya diatur dengan tegangan tetap 60Kv dan mAs berubah mulai dari 5mAs. Pada saat *expose*, nilai dosis yang terbaca pada DOSCA dan alat standar 0,01 μ Sv, kemudian dilakukan *expose* kembali hasil pada DOSCA dan alat pembanding merek BLiT 0,02 μ Sv. Pada saat *expose* yang ketiga kalinya pada DOSCA dibaca 0,02 μ Sv dan pada BLiT 0,03 μ Sv. Kemudian saat nilai mAs dinaikkan menjadi 10mAs dengan tegangan 60Kv pada DOSCA tetap menghasilkan nilai 0,02 μ Sv pada alat BLiT 0,06 μ Sv. Kemudian di *expose* kembali pada DOSCA terbaca 0,03 μ Sv dan pada alat merek BLiT 0,07 μ Sv.

Kata Kunci— radiasi, dosimeter saku, efektif, efisien, DOSCA, elektronik maju.

I. PENDAHULUAN

Radiasi merupakan pelepasan energi yang dipancarkan oleh sumber radiasi dalam bentuk partikel atau gelombang elektromagnetik tanpa membutuhkan medium [10], [11].

merupakan jenis radiasi dengan sumber radiasi pesawat sinar-X yang digunakan untuk berbagai keperluan medik seperti foto *roentgen* dengan berbagai manfaatnya [13]. Selain memberikan efek yang menguntungkan dalam pemanfaatannya, radiasi juga memiliki efek yang berbahaya bagi kesehatan manusia jika tidak memperhatikan nilai batas dosis yang dipersyaratkan.

Berdasarkan surat keputusan Kepala Bapeten Nomor 4 Tahun 2013, nilai batas dosis untuk dosis efektif yang diterima *radiographer* rata-rata sebesar 20 mSv per tahun dalam periode 5 tahun, sehingga dosis yang terakumulasi dalam 5 tahun tidak boleh melebihi 100 mSv. Adapun efek buruk yang ditimbulkan apabila radiasi yang diterima *radiographer* tidak sesuai dengan nilai batas dosis yang ditentukan dikenal dengan efek somatik dan efek genetik. Efek somatik adalah efek yang dirasakan langsung oleh *radiographer* karena menerima radiasi tersebut. Sedangkan efek genetik adalah efek yang dirasakan oleh keturunannya. Selain itu, radiasi juga dapat menyebabkan perubahan sel sebagai efek stokastik dan bahkan kematian sel sebagai efek deterministik. Efek stokastik, yaitu efek radiasi yang terjadi setelah masa tenang (masa laten), seperti kanker dan leukemia. Efek deterministik, yaitu efek yang dirasakan oleh seseorang beberapa saat setelah terpapar radiasi yang melebihi dosis, seperti kemandulan, katarak, luka bakar, dan lain-lain [3]. Hasil penelitian terhadap korban bom atom Hiroshima dan Nagasaki berdasarkan data dari *Life Span Study* (LSS) menunjukkan risiko kematian meningkat secara signifikan akibat radiasi 22% pada 1 Gy, kejadian kanker 47% pada 1 Gy, kematian karena leukemia 31% pada 1 Gy, serta kejadian beberapa penyakit seperti hipertensi, kelenjar tiroid, mioma uteri dan lain-lain [8].

Radiasi juga merupakan sesuatu yang tidak dapat dilihat, dirasakan atau diketahui keberadaannya sebab manusia tidak memiliki panca indera yang mampu mendeteksi adanya radiasi. Oleh karena itu, dalam keselamatan keamanan kerja seorang pekerja radiasi atau *radiographer* diupayakan agar menerima dosis radiasi seminimal mungkin, yaitu dengan *monitoring* radiasi menggunakan alat ukur radiasi secara terus menerus selama berada di medan radiasi [12]. Alat *monitoring* radiasi yang digunakan *radiographer* adalah dosimeter. Dosimeter bekerja dengan mendeteksi radiasi secara akumulasi yaitu nilai dosis radiasi yang diterima dijumlahkan dengan nilai dosis radiasi yang telah mengenai sebelumnya. Dosimeter yang digunakan *radiographer* harus berukuran kecil dan ringan agar tidak memberatkan saat berada di medan radiasi. Dosimeter yang banyak digunakan *radiographer* di beberapa rumah sakit yaitu dosimeter saku yang diimpor dari luar Indonesia dengan harga relatif mahal.

Keuntungan dosimeter saku dibandingkan yang dosimeter jenis lainnya yaitu dari segi ringan dan praktis untuk digunakan saat berada di medan radiasi. Adapun kelemahannya tidak dapat menampilkan informasi dosis yang diterima secara

¹Mahasiwa, Program Vokasi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl Lingkar selatan Tamantirto kasihan Bantul (0274) 387656; e-mail: sabda.amukti.2015@vokasi.ac.id;

^{2,3}Dosen, Program Vokasi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl Lingkar selatan Tamantirto kasihan Bantul (0274) 387656; e-mail: erika@umy.ac.id;

langsung karena memerlukan peralatan tambahan (*reader*) untuk membaca hasil dosis yang telah diterima dan memerlukan ketelitian yang tinggi untuk pembacaan penyimpangan jarum [4].

Berdasarkan permasalahan diatas maka dirancang alat *Prototype* Dosimeter yang kecil dan ringan dengan menggunakan komponen elektronika maju yang mudah didapatkan dipasaran Indonesia. Pada *prototype* ini *monitoring* nilai dosis dapat dilihat pada *display OLED* sebagai tampilan informasi dosis radiasi yang diterima *radiographer*. Kemudian dilengkapi dengan sistem penyimpanan nilai dosis yang diterima *radiographer* menggunakan fasilitas *EEPROM* pada *chip ATmega328p*, fungsinya untuk mengetahui dan mengevaluasi dosis yang telah diterima secara periodik. Pada *prototype* ini ditambahkan *safety* sistem bagi *radiographer* dengan menggunakan *buzzer* dan *led* yang berfungsi sebagai indikator adanya radiasi yang diterima oleh detektor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X merupakan alat yang digunakan untuk keperluan *radiodiagnostik* dengan menggunakan paparan radiasi *pengion* yang berasal dari sinar-X. Pesawat sinar-X pada dasarnya menghasilkan sinar-X karena adanya peristiwa teraturnya elektron dari katoda ke target, yaitu anoda dengan kecepatan tinggi hingga menumbuk elektron terdekat dengan inti atom. Elektron yang mengalami tumbukan akan terlempar keluar dari orbital tempatnya, dan orbital yang kosong tersebut kemudian diisi oleh elektron dari kulit luar yaitu dengan adanya pelepasan foton (gelombang elektromagnetik) dengan panjang gelombang berbeda [5].

B. Radiasi

Radiasi adalah sesuatu yang tidak dapat dirasakan oleh panca indera manusia dan beberapa jenis radiasi dapat menembus berbagai medium disebut dengan radiasi *pengion*. Sifat dari radiasi *pengion* adalah apabila menembus suatu medium maka akan menghasilkan partikel bermuatan listrik yang disebut ion. Proses terbentuknya ion ini dinamakan dengan proses ionisasi [13]. Efek yang ditimbulkan dari penggunaan radiasi *pengion* dikenal dengan efek fotolistrik dan efek hamburan *compton*. Efek fotolistrik, yaitu efek yang terjadi apabila pancaran foton terhadap suatu medium menyebabkan keluarnya elektron dari susunan atom. Dari hal ini dapat diketahui bahwa sinar-X dapat berinteraksi dengan medium, yaitu dapat menembus tubuh manusia [5].

Efek hamburan *compton* yaitu efek yang berbeda dengan efek fotolistrik. Energi radiasi yang mengenai medium hanya sebagian yang diserap dan sebagian lagi keluar menjadi radiasi hambur. Radiasi yang terhambur ini memiliki energi yang lemah, yaitu dengan panjang gelombang lebih panjang dari foton asal, karena telah mengalami *attenuasi* yaitu pelemahan karena sebagian energinya diserap tubuh [5].

C. Dosimeter

Dosimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi secara akumulasi. Dosimeter yang digunakan

radiographer harus praktis dan ringan, seperti dosimeter saku. Adapun kelemahannya tidak dapat menyimpan informasi dosis radiasi yang diterima, tidak dapat menampilkan informasi dosis yang diterima secara langsung karena memerlukan peralatan tambahan untuk membaca penyimpangan jarum. Dosimeter saku jenis lama ini tentu tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan pembacaan karena tidak dapat mengetahui secara langsung informasi dosis yang diterima selama berada di medan radiasi. Maka dirancang alat *Prototype* Dosimeter yang kecil dan ringan dengan menggunakan komponen elektronika maju yang mudah didapatkan dipasaran Indonesia. Pada *prototype* ini *monitoring* nilai dosis dapat dilihat pada *display OLED* sebagai tampilan informasi dosis radiasi yang diterima *radiographer*. Kemudian dilengkapi dengan sistem penyimpanan nilai dosis yang diterima *radiographer* dalam jangka waktu lama menggunakan fasilitas *EEPROM* pada *chip ATmega328p*, fungsinya untuk mengetahui dan mengevaluasi dosis yang telah diterima secara periodik. Pada *prototype* ini ditambahkan *safety* sistem bagi *radiographer* dengan menggunakan *buzzer* dan *led* yang berfungsi sebagai indikator adanya radiasi yang diterima oleh detektor [4].

D. Komponen Teknologi

- 1) *Detektor Geiger Muller*: Detektor yang digunakan untuk pembacaan radiasi pada penelitian ini yaitu dengan detektor *Geiger Muller*. Radiasi akan mengenai detektor gas ini sebanding dengan intensitas radiasi yang diterima. Kemudian dihasilkan elektron-elektron bebas. Elektron bebas dihasilkan karena ada tumbukan dengan suatu media kemudian elektron tersebut akan ditarik ke anoda. Karena melepaskan elektron, sehingga didalam atom tabung gas akan dihasilkan ion positif. Ion positif ini kemudian ditarik menuju katoda. Peristiwa ini terjadi dengan cepat [1].
- 2) Di dalam tabung GM (*Geiger Muller*) menyediakan pulsa yang sesuai dengan "peristiwa" dalam tabung yang terjadi dari interaksi dengan radiasi sinar gamma *pengion* ataupun radiasi sinar-X. Peristiwa dihitung oleh *Geiger Counter* selama periode waktu dan akhirnya menghasilkan hitungan per-menit atau *counter per-minute* (CPM). Berbagai model tabung GM sangat bervariasi dalam sensitivitas deteksi radiasi.
- 3) Mikrokontroler *Atmega328* adalah satu *chip* yang memiliki fasilitas yang berupa unit penyimpanan *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM) untuk menyimpan nilai informasi dosis yang diterima dengan kapasitas penyimpanan yang cukup besar dalam waktu lama. Kemudian terdiri dari empat PORT sebagai fungsi *input output* data, dan dilengkapi juga dengan pencacah/pewaktu, memiliki komunikasi serial yaitu (Serial Data) SDA dan SCL (Serial Clock), serta fasilitas-fasilitas pendukung proses pembuatan *prototype* yang lainnya. *Output* dari detektor akan diolah oleh mikrokontroler, kemudian akan dikonversi menjadi nilai dosis menggunakan perhitungan fisika.

Pengisian program pada mikrokontroler menggunakan bahasa C dengan *software* arduino

III. METODOLOGI

DOSCA (*Dosimeter CO-Card Alarm*) merupakan sebuah inovasi alat yang menggabungkan penggunaan teknologi laju *dosemeter* dan *dose meter*, yaitu dosimeter yang mampu memberikan informasi laju dosis dan dosis radiasi bersamaan secara langsung kepada *radiographer* dalam upaya agar kesehatan dan keselamatan kerja *radiographer* selama berada di medan radiasi terjamin.

Dalam penelitian ini ada beberapa tahap yang dilakukan untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan sesuai dengan diagram kerja berikut.



Gbr. 1 Flow Chart Metodologi Pelaksanaan Program

A. Studi Literatur

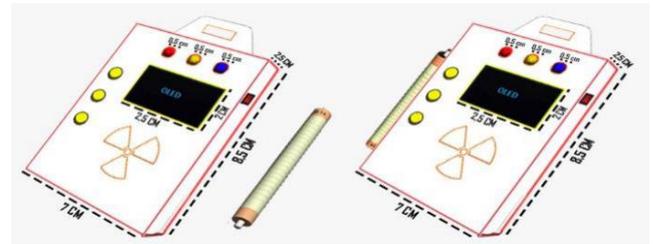
Berbagai literatur dikaji untuk memperoleh dukungan teoritis masalah penelitian yang dipilih. Pada penelitian ini, literatur diambil dari jurnal, paper dan seminar-seminar dimana literatur yang didapat kebanyakan dari jurnal penelitian yang telah dilakukan oleh BATAN. Literatur yang dipelajari memuat beberapa hal berikut, yaitu: mengetahui perancangan alat dosimeter sebelumnya, mempelajari mengenai prosedur perancangan yang tepat, menemukan masalah dan kekurangan dari alat sebelumnya. Kemudian disimpulkan dan memperbaiki kekurangan-kekurangan tersebut.

B. Penentuan Fitur dan Spesifikasi Alat

Penentuan fitur dan spesifikasi alat pada tahap ini menentukan penggunaan komponen utama dan pendukung serta pembelian komponen yang akan digunakan.

C. Perancangan Desain Alat

Perancangan desain alat dilakukan menyesuaikan dengan hasil dari penentuan fitur dan spesifikasi alat yang sebelumnya sudah ada. Perancangan desain alat diharapkan dapat berfungsi optimal untuk mendeteksi radiasi pesawat sinar-X.



Gbr. 2 Desain Alat

D. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap ini merupakan tahap pendukung untuk proses pembuatan alat. Mulai dari persiapan alat pendukung seperti laptop, gergaji, setrika, larutan H_2O_2+HCL , amplas, solder dan timah. Komponen utama yang digunakan yaitu detektor *geiger muller*, *battery* 3,7V dilengkapi dengan rangkaian *recharge battery*, OLED dan komponen elektronika IC (*integrated circuit*), *buzzer*, *multi turn*, resistor, kapasitor polar dan non polar, LED). Agar dihasilkan alat dosimeter yang baik dan sesuai dengan alat standar.

E. Pembuatan Alat

Pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Teknik Elektromedik UMY dan CV. Sehat Sejahtera

- 1) *Perancangan Perangkat Keras*: Perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian. Rangkaian catu daya dan dilengkapi rangkaian untuk *recharge battery*, rangkaian modul *ATmega328p*, modul OLED, rangkaian detektor dan rangkaian penguatan, kemudian diintegrasikan ke dalam *box*.
- 2) *Tahap Perancangan Perangkat Lunak*: Perancangan perangkat lunak dengan *software* arduino untuk memprogram perangkat keras minimum sistem *ATmega328p*, agar penguatan tegangan dapat dikonversikan menjadi nilai dosis radiasi. Dan program untuk OLED agar nilai dosis yang diterima dapat ditampilkan pada *display*.
- 3) *Pembuatan Prototype*
 - a) Langkah pertama pembuatan *prototype* adalah mempersiapkan rangkaian PCB : modul mikrokontroler, modul OLED dan rangkaian komponen elektronik lainnya.
 - b) Membuat tempat dudukan detektor *Geiger Muller* sehingga dapat membaca nilai dosis yang diterima dengan respon baik.

- c) Mengkoneksikan modul detektor dengan mikrokontroler, dan dikoneksikan dengan *display* OLED.
 - d) Setelah semua komponen telah dirakit, langkah selanjutnya penyusunan pemrograman pada mikrokontroler *ATmega328p*.
- 4) *Uji Coba Alat*: Pengujian alat secara langsung yang dilakukan di laboratorium radiologi untuk memastikan bahwa alat ini berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Apabila uji coba telah mendapatkan hasil yang diharapkan, maka dapat melanjutkan ke tahapan berikutnya.
 - 5) *Analisis*: Pada tahap ini akan dilakukan analisa terhadap alat mengenai efisiensi, efektifitas, nilai ekonomis, dll. Analisa ini bertujuan untuk mempelajari apakah alat ini masih memiliki kekurangan dan supaya alat ini dapat digunakan di keadaan nyata oleh radiographers saat berada di medan radiasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

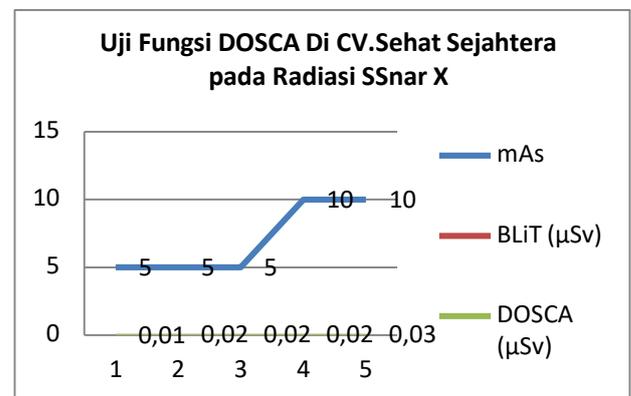
TABEL I
HASIL UJI FUNGSI ALAT DENGAN TEGANGAN 60kV, 5 MAS
DAN 10 MAS

Tahapan Uji Fungsi Alat DOSCA di CV.Sehat Sejahtera dengan Sumber Radiasi Sinar-X				
No	Kv	mAs	BLiT (μSv)	DOSCA (μSv)
1	60	5	0,01	0,01
2	60	5	0,02	0,02
3	60	5	0,03	0,02
4	60	10	0,06	0,02
5	60	10	0,07	0,03

Dari hasil pengujian terakhir, didapatkan data keluaran dosis radiasi yang diterima alat seperti pada tabel 1. Pengujian dilakukan pada nilai kv dan mAs yang yang berbeda. kv diatur pada 60kv dengan 5mAs dan 10mAs. Data pada tabel didapatkan dengan meletakkan alat dengan sumber radiasi dengan jarak 100 cm dari sumber. Nilai dosis radiasi yang terbaca tidak berbeda jauh dengan alat standar yang digunakan saat uji fungsi. Dimana nilai tersebut tidak sama dikarenakan sensitifitas detektor yang digunakan berbeda.

Pengujian lain dilakukan dengan menggunakan sumber radiasi sinar-X. Alat DOSCA ini dirancang menggunakan detektor *Geiger Muller* SBM-20 dengan rangkaian *HV Generator* yang diatur melalui program perangkat lunak berbasis pemrograman Arduino Nano. Hasil pengujian yang dilakukan di ruang radiologi dengan menggunakan sumber radiasi pesawat sinar-X yang pada kontrolnya diatur dengan tegangan tetap 60kV dan mAs berubah mulai dari 5mAs. Pada saat *expose*, nilai dosis yang terbaca pada DOSCA dan BLiT 0,01 μSv , kemudian dilakukan *expose* kembali hasil pada DOSCA dan BLiT 0,02 μSv . Pada saat *expose* yang ketiga

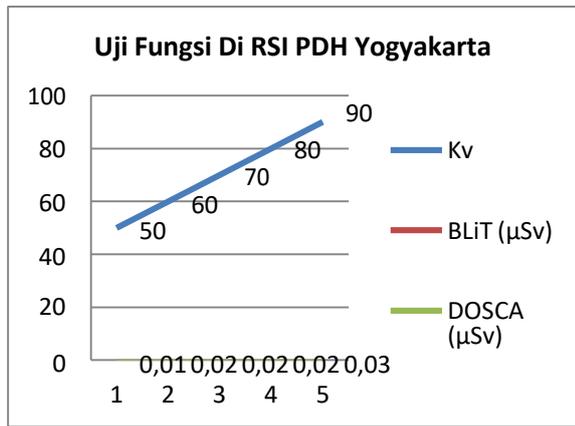
kalinya pada DOSCA dibaca 0,02 μSv dan pada standar 0,03 μSv . Kemudian saat nilai mAs dinaikkan menjadi 10mAs dengan tegangan 60kV pada DOSCA tetap menghasilkan nilai 0,02 μSv pada BLiT 0,06 μSv . Kemudian di *expose* kembali pada DOSCA terbaca 0,03 μSv dan pada BLiT 0,07 μSv . Ini terjadi karena saat melakukan uji fungsi daya baterai lemah yang mengakibatkan rangkaian *HV Generator* tidak dapat menghasilkan tegangan stabil untuk *disupply* ke detektor, yang mengakibatkan detektor kurang sensitivitas terhadap radiasi yang diterima pada Gambar 2 dapat terlihat grafik perbandingan DOSCA dengan alat pembanding. Pada gambar 4 menunjukkan uji fungsi yang dilakukan pada RSI PDH yogyakarta alat DOSCA dapat berfungsi dengan baik walau kv diubah-ubah sesuai kebutuhan, data tersebut dapat dilihat pada tabel 2.



Gbr. 3 Grafik Uji Fungsi Di CV.Sehat Sejahtera

TABEL II
HASIL UJI FUNGSI ALAT DENGAN WAKTU 0,08 S DAN 63
MA

Uji Fungsi di RSI PDH Yogyakarta sumber radiasi Sinar X			
No	Kv	BLiT (μSv)	DOSCA (μSv)
1	50	0,01	0,01
2	60	0,04	0,02
3	70	0,06	0,02
4	80	0,07	0,02
5	90	0,09	0,03



Gbr. 4 Grafik Uji Fungsi di RSI PDH Yogyakarta

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penerapan alat DOSCA pada radiasi sinar X dengan *Radiation Monitor* merek BLiT buatan Cina menghasilkan kinerja yang baik terlihat pada grafik di gambar 2 dimana DOSCA dan alat pembanding merek BLiT yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi yang diterima oleh *radiographer* atau pasien yang berada di Rumah Sakit sama-sama menghasilkan $0,01 \mu\text{Sv}$ pada DOSCA dan $0,01 \mu\text{Sv}$ Pada BLiT. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan anak bangsa tidak kalah dengan buat Cina. Namun jika dilihat dari segi desain DOSCA ini perlu penyempurnaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset Teknologi Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai Penelitian Produk Terapan tahun 2017. Terimakasih juga disampaikan kepada Universitas

Muhammadiyah Yogyakarta atas dukungannya khususnya untuk program vokasi Teknik Elektromedik sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

REFERENSI

- [1] Azam, M., Hilyana, F. S. dan Setiawati, E, "Penentuan Efisiensi Beta terhadap Gamma pada Detektor Geiger Muller", *Sains dan Matematika*, , pp. 73–77, 15 April. 2007.
- [2] Batan, P. Prinsip Kerja Dosimeter. [Online], http://www.batan.go.id/pusdiklat/elearning/Pengukuran_Radiasi/Protaksi_03.htm/, tanggal akses:06 November 2017.
- [3] Indrati, Rini dkk, *Protaksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik & Intervensional*, Inti Medika Pustaka, 2017.
- [4] Maryanto, D., Solichin and Abidin, Z, "Analisis Keselamatan Kerja Radiasi Pesawat Sinar-X di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta", in, pp. 679–689, 2008.
- [5] Medik, S. F. *et al*, "Analisis dosis radiasi untuk aplikasi ruang icu" in, 2012.
- [6] Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. [Online], https://jdih.bapeten.go.id/files/000322_475.pdf, tanggal akses: 2 juni 2018.
- [7] Rudi, pratiwi, S, "Pengukuran Paparan Radiasi Pesawat Sinar • X Di Instalasi Radiodiagnostik Untuk Proteksi Radiasi", 2013.
- [8] Sakata, Ritsu *et al*, "Long-term Follow-up Atomic Bomb Survivors", 2013.
- [9] Santoso, B. dan Arfianto, A. D, "Sistem Pengganti Air Berdasarkan Kekeruhan Dan pemberi Pakan Ikan Pada Akuarium Air Tawar Secara Otomatis", *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA*, 8(2), pp. 33–48, 2014.
- [10] Susanti *et al.*, "Pengaruh Paparan Radiasi Sinar-X dari Radiografi Panoramik terhadap pH Saliva", *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*, vol. 4 (no.2), Mei. 2016.
- [11] Susilo, A.F dan Dwijananti,P, " Pengaruh Radiasi Sinar X Terhadap Motilitas Sperma Pada Tikus Mencit (Mus Muculus)", 2013.
- [12] Wahyuningsih, S. dan Suliyanto, "Evaluasi Paparan Radiasi Terhadap Dosis Eksterna yang Diterima Pekerja Radiasi di IEBE Tahun 2008", *Seminar*, November. 2009.
- [13] Widyarningsih, "Pekerja Radiasi Di Ruang Penyinaran Unit", 16(2), pp. 57– 62, 2013.