

WAKTU IRADIASI MINIMUM PERGERAKAN TOTE DALAM PROSES IRADIASI IRADIATOR GAMMA MERAH PUTIH

Hana Subhiyah, Ari Satmoko
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN
Gedung 71, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
hana.subhiyah@batan.go.id

ABSTRAK

WAKTU IRADIASI MINIMUM PERGERAKAN TOTE DALAM PROSES IRADIASI IRADIATOR GAMMA MERAH PUTIH. Teknologi pengawetan yang handal saat ini adalah teknologi iradiasi. Teknologi pengawetan sayuran dan buah-buahan dapat menunda waktu pembusukan sehingga sayuran dan buah-buahan dapat di distribusikan dengan lebih baik ke seluruh nusantara maupun diekspor ke luar negeri. Dalam beberapa kasus terutama untuk fitosanitari, dosis iradiasi yang dibutuhkan relative kecil. Salah satu cara untuk menurunkan waktu iradiasi dapat dilakukan dengan merubah desain proses perpindahan tote dengan jumlah langkah minimum, namun tetap semua tote mengalami 72 posisi iradiasi. Proses perpindahan tote sendiri digerakkan oleh sistem pneumatik. Dari hasil analisis dan pembahasan diketahui dengan desain pola pergerakan tote ini diperoleh waktu iradiasi minimum dari 78 menit menjadi 50,4 menit. Waktu siklus minimum dari 65 detik menjadi 42 detik. Jumlah siklus per step dari 9 step menjadi 6 step per siklus. Dosis minimum untuk 40 kGy sebesar 220 Gy menjadi 141 Gy.

Kata kunci : Waktu iradiasi minimum, fitosanitari, sistem pneumatik.

ABSTRACT

TIME IRRADIATION MINIMUM FOR THE TOTE MOVEMENT IN THE IRRADIATION PROCESS OF THE IRADIATOR GAMMA MERAH PUTIH. Preservation technology that is reliable today is irradiation technology. Vegetable and fruit preservation technology can delay the time of spoilage so that vegetables and fruits can be better distributed throughout the archipelago or exported abroad. In some cases especially for phytosanitary, the required dose of irradiation is relatively small. One of the ways to reduce the irradiation time can be done by changing the design of the tote transfer process with minimum steps, in which all the totes still have experience of 72 irradiated positions. The tote transfer process itself is driven by a pneumatic system. From the results of the analysis and discussion, it is known that with the innovative design of the existing tote movements it is found that the minimum irradiation time changes from 78 minutes to 50.4 minutes. Minimum cycle time changes from 65 seconds to 42 seconds. The number of cycles per step changes from 9 steps to 6 steps per cycle, and the minimum dose for 40 kGy changes from 220 Gy to 141 Gy.

Keywords: Minimum time irradiation, phytosanitary, pneumatic systems.

1. PENDAHULUAN

Salah satu teknologi pengawetan yang handal adalah teknologi iradiasi. Iradiasi adalah suatu proses ionik sebagai salah satu metode modifikasi fisik polisakarida alami^[1-3]. Proses ini juga sangat berguna dalam memecahkan berbagai permasalahan pertanian, seperti penanganan pasca panen (menekan perkecambahan dan kontaminasi), eradikasi dan pengendalian hama dan penyakit, mengurangi penyakit yang terbawa bahan makanan, dan pemuliaan varietas tanaman unggul dan tahan penyakit^[4,5].

Teknologi pengawetan sayuran dan buah-buahan dapat menunda waktu pembusukan sehingga produksi sayuran dan buah-buahan dapat didistribusikan dengan lebih baik ke seluruh nusantara maupun diekspor ke luar negeri. Berbagai

negara menerapkan “*Low Microbiological Contaminant Threshold Limit*” sebagai syarat ekspor fitosanitari dan salah satu upaya yang bisa dicapai adalah dengan pemanfaatan iradiator gamma^[6-8].

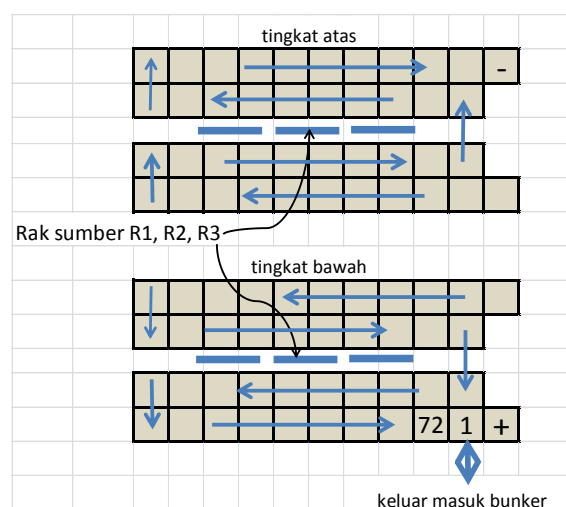
Proses iradiasi dilaksanakan dengan melewati/ memaparkan bahan (baik yang dikemas maupun curah) pada radiasi ionisasi dalam jumlah dan waktu yang terkontrol untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Selain untuk alasan keamanan pangan dan pemelihara kesehatan, iradiasi juga dapat dimanfaatkan untuk menunda pematangan beberapa jenis buah-buahan dan sayuran dengan perubahan proses fisiologi jaringan tanaman serta untuk menghambat pertunasan dari umbi-umbian. Proses ini tidak meninggalkan residu radioaktif pada bahan yang diiradiasi. Gelombang energi yang dilepas selama proses dapat mencegah pembelahan mikroorganisme penyebab pembusukan seperti bakteri dan jamur.

Dalam beberapa kasus terutama untuk fitosanitari, dosis iradiasi yang dibutuhkan relative kecil. Berdasarkan peraturan Menteri kesehatan ditetapkan bahwa pada umbi lapis dan umbi akar untuk menghambat pertunasan saat proses penyimpanan dapat diterapkan dosis maksimum sebesar 0,15 kGy^[8]. Dalam pengoperasian Iradiator Gamma Merah Putih (IGMP), dosis minimum iradiasi ditentukan oleh aktivitas sumber Cobalt-60 yang digunakan dan waktu iradiasi. Dalam kondisi pengoperasian sekarang ini, dosis minimum pada IGMP dengan mengaktifkan 40 kCi diperoleh sekitar 220 Gy. Dan salah satu cara untuk menurunkan waktu iradiasi dapat dilakukan dengan merubah desain proses perpindahan *tote*.

2. TATA KERJA

Sistem penggerak yang di pakai untuk memindahkan *tote* yang ada di ruang iradiasi adalah sistem pneumatik^[9]. Pneumatik adalah sebuah sistem penggerak yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Cara kerja pneumatik sama saja dengan hidrolis yang membedakannya hanyalah tenaga penggerak. Jika pneumatik menggunakan udara sebagai tenaga penggerak, sedangkan hidrolis menggunakan cairan oli sebagai tenaga penggerak. Dalam pneumatik tekanan udara inilah yang berfungsi untuk menggerakkan sebuah silinder kerja. Silinder kerja inilah yang nantinya mengubah tenaga/tekanan udara tersebut menjadi tenaga mekanik (gerakan maju mundur pada Silinder)^[10].

Ketika rak sumber telah diangkat, produk iradiasi diangkat dengan kotak *tote* masuk ke dalam bungker. Produk tersebut akan mendekati dan menjauhi posisi sumber radioaktif dengan menjalani mekanisme laluan iradiasi (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Mekanisme jalur iradiasi.

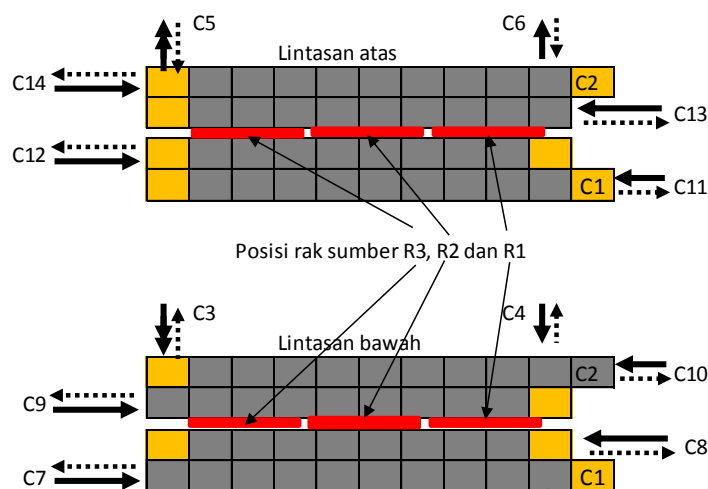
3. DASAR TEORI

Tujuan dari mekanisme laluan iradiasi adalah agar semua produk dalam kotak *tote* mengalami posisi-posisi iradiasi simetris terhadap lokasi rak sumber. Dengan demikian diharapkan semua produk dalam kotak *tote* mendapatkan dosis serap iradiasi yang seragam. Di dalam bungker terdapat 84 posisi kotak *tote*, namun hanya 72 posisi yang merupakan posisi iradiasi. Selebihnya berupa posisi-posisi transit atau sementara. Dengan demikian sekali iradiasi, bungker iradiasi dapat memuat sebanyak 72 kotak *tote*. Di setiap posisi iradiasi, gerakan kotak *tote* dapat dihentikan untuk jangka waktu tertentu. Jangka waktu inilah yang akan menentukan dosis serap iradiasi.

Untuk berpindah dari satu posisi iradiasi ke posisi iradiasi berikutnya, mekanisme laluan iradiasi membutuhkan waktu minimum. Waktu minimum bergantung waktu siklus. Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan agar semua kotak *tote* berpindah dari satu posisi iradiasi ke posisi iradiasi berikutnya. Semua pergerakan *tote* dikendalikan oleh sistem pnumatik yang terdiri dari 14 silinder pnumatik dan komponen-komponen pelengkap lainnya.

Skema prinsip kerja sistem pnumatik ditunjukkan dalam Gambar 2. Lintasan terdiri dari tingkat atas dan tingkat bawah. Masing-masing tingkat memiliki empat jalur aksial yang bisa memuat 10 *tote*. Terdapat 14 silinder dengan fungsi sebagai berikut:

- C1: memindahkan 1 buah *tote* dari lintasan bawah ke lintasan atas,
- C2: memindahkan 1 buah *tote* dari lintasan atas ke lintasan bawah,
- C3: memindahkan 2 buah *tote* di tingkat bawah dari jalur 4 ke jalur 3 dan dari jalur 2 ke jalur 1
- C4: memindahkan 1 buah *tote* di tingkat bawah dari jalur 3 ke jalur 2,
- C5: memindahkan 2 buah *tote* di tingkat atas dari jalur 1 ke jalur 2 dan dari jalur 3 ke jalur 4,
- C6: memindahkan 1 buah *tote* di tingkat atas dari jalur 2 ke jalur 3,
- C7: memindahkan 10 buah *tote* di tingkat bawah jalur 1,
- C8: memindahkan 8 buah *tote* di tingkat bawah jalur 2,
- C9: memindahkan 8 buah *tote* di tingkat bawah jalur 3,
- C10: memindahkan 10 buah *tote* di tingkat bawah jalur 4,
- C11: memindahkan 10 buah *tote* di tingkat atas jalur 1,
- C12: memindahkan 8 buah *tote* di tingkat atas jalur 2,
- C13: memindahkan 8 buah *tote* di tingkat atas jalur 3,
- C14: memindahkan 10 buah *tote* di tingkat atas jalur 4,



Gambar 2. Skema prinsip kerja sistem pnumatic.

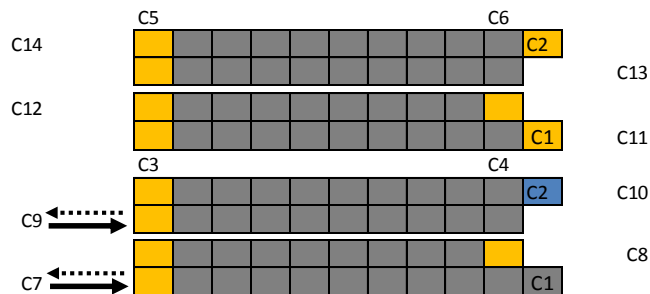
Kondisi default atau inisial ditunjukkan dengan warna gelap pada Gambar 2. Posisi-posisi *tote* seperti ini juga disebut dengan posisi iradiasi. Terlihat dalam Gambar terdapat 72 posisi iradiasi. Gerakan silinder pneumatik tidak boleh sembarangan dan diatur sedemikian rupa sehingga semua *tote* dapat bergeser menempati ke semua posisi iradiasi. Berbagai desain kombinasi gerakan dapat diperoleh. Siklus gerakan *tote* yang existing di Iradiator Gamma Merah Putih ditunjukkan dalam Gambar 2^[10].

Tabel 1. Tahapan siklus pergerakan *tote* di dalam bunker.

Step No.	Cylinder movements					
1	7+	9+				
2	7-	9-				
3	1-	3-	4+			
4	8+	10+	11+	13+		
5	8-	10-	11-	13-		
6	1+	2-	3+	4-	5-	6+
7	12+	14+				
8	12-	14-				
9	2+	5+	6-			

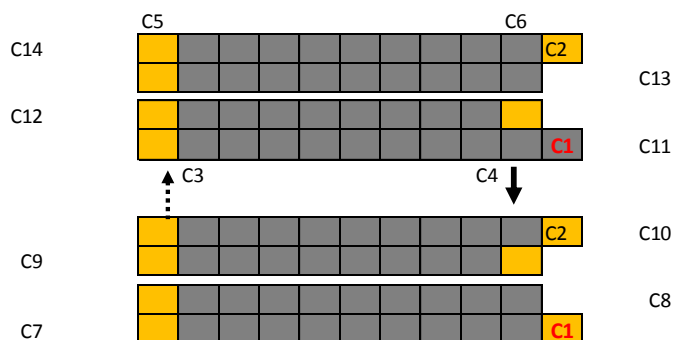
Dari Tabel 1 tersebut terlihat bahwa terdapat 9 tahapan gerakan silinder pneumatic dengan uraian sbb:

- Tahap 1: Silinder C7 dan C9 bergerak maju mendorong *tote*.
- Tahap 2: Silinder C7 dan C9 bergerak mundur. Pada tahap ini tidak ada pergerakan *tote*. Hasil tahapan 1 dan 2 ini ditunjukkan dalam Gambar 3.



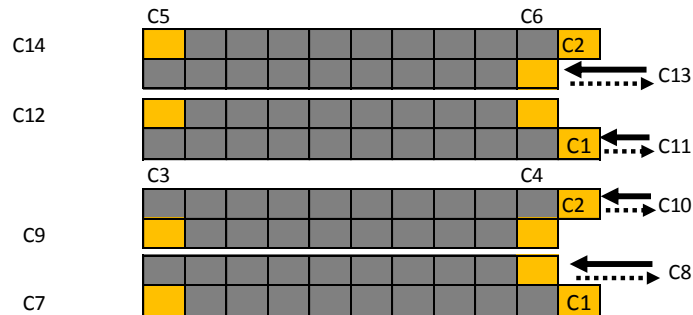
Gambar 3. Posisi *tote* hasil Tahapan 1 dan 2.

- Tahap 3: Silinder C1 menaikkan *tote* dari tingkat bawah ke tingkat atas; Silinder C3 mundur tanpa *tote*; Silinder C4 mendorong *tote* pindah jalur. Hasil tahapan ini ditunjukkan dalam Gambar 4.



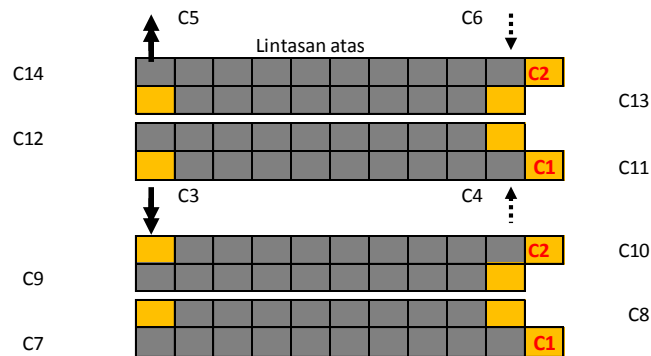
Gambar 4. Posisi *tote* hasil Tahapan 3.

- Tahap 4: Silinder C8, C10, C11 dan C13 mendorong maju tote di masing-masing jalur.
- Tahap 5: Silinder C8, C10, C11 dan C13 bergerak mundur. Pada tahap ini tidak ada pergerakan *tote*. Hasil tahapan 4 dan 5 ditunjukkan dalam Gambar 5.



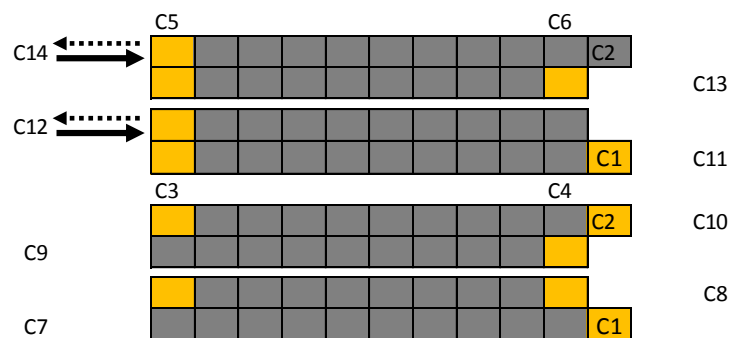
Gambar 5. Posisi tote hasil Tahapan 4 dan 5.

- Tahap 6: Silinder C1 menurunkan lift tanpa *tote*; Silinder C2 menaikkan lift tanpa *tote*; Silinder C3 memindahkan dua buah *tote* antar jalur; Silinder C4 bergerak mundur tanpa *tote*; Silinder C5 kembali mundur dengan memindahkan dua *tote*; dan Silinder C6 maju tanpa *tote*. Hasil tahapan ini ditunjukkan dalam Gambar 6.



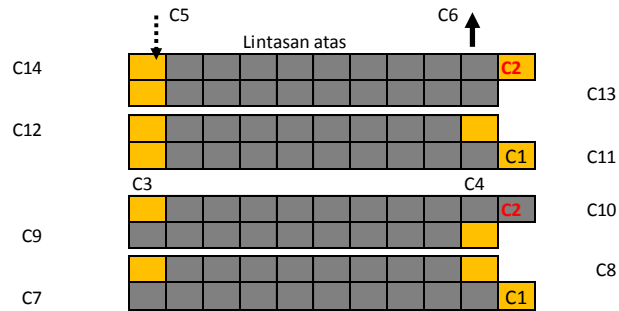
Gambar 6. Posisi *tote* hasil Tahapan 6.

- Tahap 7: Silinder C12 dan C14 bergerak maju mendorong *tote*.
- Tahap 8: Silinder C12 dan C14 bergerak mundur tanpa *tote*. Pada tahap ini tidak ada pergerakan *tote*. Hasil tahapan 7 dan 8 ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Posisi *tote* hasil Tahapan 7 dan 8.

- Tahap 9: Silinder C2 menurunkan tote dari tingkat atas ke tingkat bawah; Silinder C5 maju tanpa tote; Silinder C6 mundur sehingga sebuah tote pindah dari jalur 2 ke jalur 3. Hasil tahapan ini ditunjukkan dalam Gambar 8.



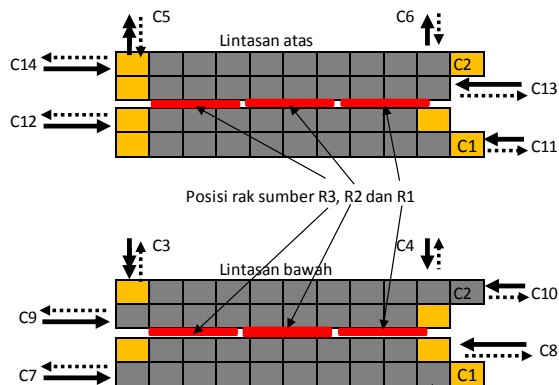
Gambar 8. Posisi tote hasil Tahapan 9.

Terlihat bahwa setelah menjalani 9 tahapan, posisi *tote-tote* menyerupai dengan posisi awal (perbandingan antara Gambar 9 dan Gambar 3). Inilah yang disebut dengan satu siklus pergeseran *tote*. Dalam hal ini, *tote-tote* sudah bergeser satu posisi. Proses iradiasi dinyatakan komplit apabila telah mengalami 72 siklus. Waktu siklus menjadi parameter penting dalam proses iradiasi, karena menentukan dosis serap iradiasi minimum dalam pengoperasian Iradiator Gamma Merah Putih.

Untuk menentukan waktu siklus, Iradiator dioperasikan dan waktu perpindahan kotak *tote* dalam mekanisme laluan iradiasi dicatat. Pengukuran waktu siklus dilakukan berulang kali dengan hasil sebagai berikut: 65,3; 65,4; 65,1; 65,3 dan 65,3 detik. Dari data tersebut diperoleh bahwa rata-rata waktu siklus adalah 65,3 detik dan maksimum 65,4 detik^[10]. Karena setiap kotak *tote* akan menempati 72 posisi iradiasi, maka produk akan mengalami iradiasi selama minimum 4.708,8 detik atau 78,5 menit. Parameter waktu ini akan menjadi penting untuk penerimaan dosis serap minimum yang juga akan tergantung pada aktivitas sumber radioaktif yang digunakan. Waktu dan dosis serap maksimum tidak dibatasi karena pada setiap posisi iradiasi dapat ditambahkan waktu jeda tanpa batasan sesuai kebutuhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pergerakan *tote* mengadopsi lintasan yang sama dengan kondisi *existing* seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Sistem penggerak yang berupa sistem pneumatik juga tidak berubah sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2. Sedangkan, posisi inisial atau *default* atau posisi iradiasi di tunjukkan dalam gambar 9.



Gambar 9. Skema prinsip kerja sistem pneumatik dan posisi inisial modifikasi.

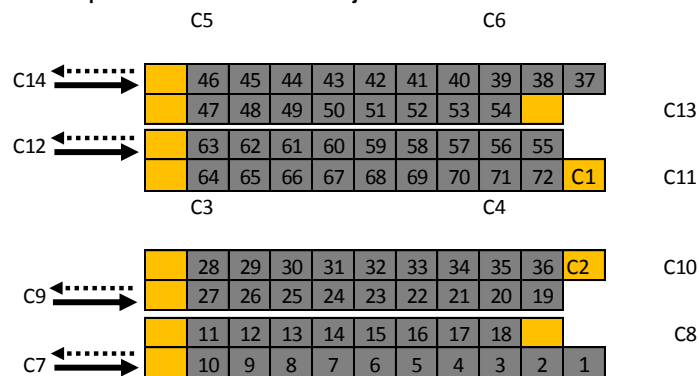
Gerakan silinder pneumatik tidak boleh sembarangan dan diatur sedemikian rupa sehingga semua tote dapat bergeser menempati ke semua posisi iradiasi. Desain modifikasi proses pergerakan tote ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Modifikasi tahapan siklus pergerakan tote di dalam bunker.

Step No.	Cylinder movements					
1	7+	9+	12+	14+		
2	7-	9-	12-	14-		
3	1-	3-	4+	2+	5+	6-
4	8+	10+	11+	13+		
5	8-	10-	11-	13-		
6	1+	2-	3+	4-	5-	6+

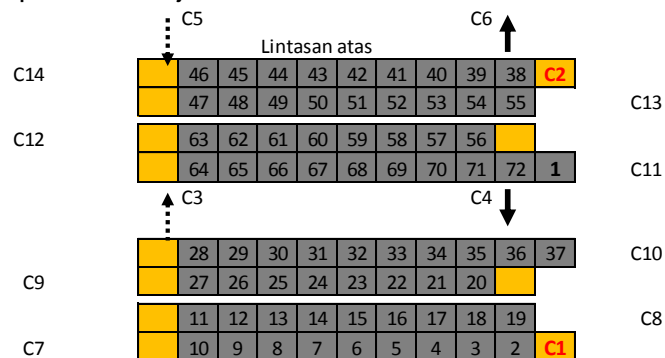
Dari Tabel tersebut terlihat bahwa terdapat 6 tahapan gerakan silinder pneumatik dengan uraian sbb:

- Tahap 1: Silinder C7, C9, C12 dan C14 bergerak maju mendorong *tote*.
- Tahap 2: Silinder C7, C9, C12 dan C14 bergerak mundur. Pada tahap ini tidak ada pergerakan *tote*. Hasil tahapan 1 dan 2 ini ditunjukkan dalam Gambar 10.



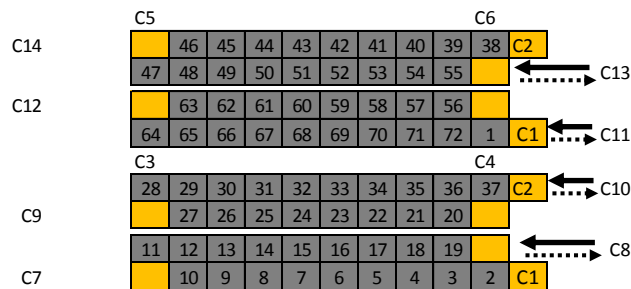
Gambar 10. Posisi *tote* hasil Tahap 1 dan 2.

- Tahap 3: Silinder C1 menaikkan *tote* dari tingkat bawah ke tingkat atas; Silinder C3 mundur tanpa *tote*; Silinder C4 mendorong *tote* pindah jalur; Silinder C2 menurunkan sebuah *tote*; Silinder C5 maju tanpa *tote*; dan Silinder C6 menggeser sebuah *tote* pindah jalur. Hasil tahapan ini ditunjukkan dalam Gambar 11.



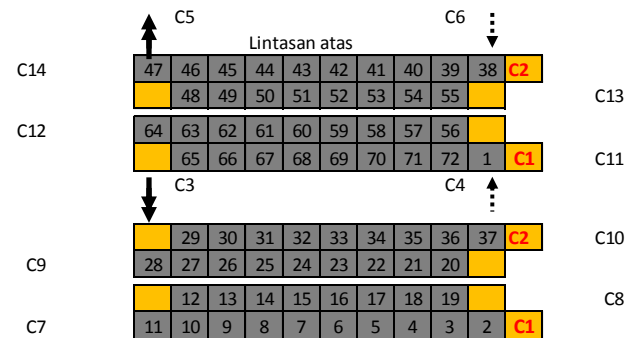
Gambar 11. Posisi *tote* hasil Tahap 3.

- Tahap 4: Silinder C8, C10, C11 dan C13 mendorong maju *tote* di masing-masing jalur.
- Tahap 5: Silinder C8, C10, C11 dan C13 bergerak mundur tanpa *tote*. Hasil tahapan 4 dan 5 ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Posisi *tote* hasil Tahap 4 dan 5.

- Tahap 6: Silinder C1 menurunkan *lift* tanpa *tote*; Silinder C2 menaikkan *lift* tanpa *tote*; Silinder C3 memindahkan dua buah *tote* antar jalur; Silinder C4 bergerak mundur tanpa *tote*; Silinder C5 bergerak mundur dengan memindahkan dua *tote*; dan Silinder C6 maju tanpa *tote*. Hasil tahapan ini ditunjukkan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Posisi *tote* hasil Tahap 6.

Terlihat bahwa setelah menjalani 6 tahapan, posisi *tote* menyerupai dengan posisi awal (perbandingan antara Gambar 13 dan Gambar 9). Penomoran *tote* juga menunjukkan bahwa setelah menjalani satu siklus ini, maka semua *tote* telah berpindah satu posisi. Inilah yang disebut dengan satu siklus pergeseran *tote*. Proses iradiasi dinyatakan komplis apabila telah mengalami 72 siklus. Dengan demikian proses pemindahan *tote* dilakukan lagi sebanyak 72 kali. Waktu siklus menjadi parameter penting dalam proses iradiasi, karena menentukan dosis serap iradiasi minimum dalam pengoperasian Iradiator Gamma Merah Putih yang dibutuhkan untuk fitosanitari.

Tabel 3. Perbandingan desain existing dan desain inovatf.

No	Parameter	Desain asli/existing	Desain inovatif
1	Jumlah step per siklus	9 step	6 step
2	Waktu siklus minimum	65 detik	Perkiraan: 42 detik
3	Waktu minimum iradiasi	78 menit	50.4 menit
4	Dosis minimum dengan 40 kCi	220 Gy	141 Gy
5	Kebutuhan kompresor	Daya: 15 kW	Perlu evaluasi lanjutan
6	Kebutuhan tangki udara kompresor	Tangki udara 5 m ³	dapat dipertahankan
7	Rasio dosis max/min	1,4	perlu pengujian
8	Kerumitan instrumentasi dan pemrograman	sama	sama

Dibandingkan dengan pengoperasian existing, modifikasi inovatif ini memangkas tahapan siklus dari 9 tahap menjadi 6 tahap. Modifikasi ini tentu saja akan mempengaruhi parameter-parameter lain. Tabel 3 merangkum perbandingan desain berdasarkan pengoperasian existing dan desain modifikasi.

Karena adanya pengurangan tahapan siklus pergerakan *tote*, maka otomatis waktu siklus minimum menjadi berkurang. Berdasarkan pada pengoperasian silinder pneumatik terlama dalam setiap tahapan, maka waktu siklus minimum diperkirakan hanya 42 detik. Dengan demikian waktu minimum iradiasi menjadi hanya 50,4 menit. Akibatnya dosis minimum yang dapat diperoleh pada IGMP dapat ditekan.

Selain mengakibatkan perubahan pada karakteristik dosimetri, desain inovatif juga akan mempengaruhi karakteristik mekanik. Jumlah udara bertekanan yang dibutuhkan untuk menggerakkan semua silinder pneumatik tidak berubah. Namun waktu yang dibutuhkan menjadi lebih singkat. Dengan demikian kompresor harus pula mampu mencukupi kebutuhan ini. Evaluasi lanjutan perlu untuk dilakukan terutama terkait dengan kinerja sistem udara bertekanan yang meliputi daya kompresor, tangki udara bertekanan dan sistem perpipaan secara keseluruhan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan diketahui dengan desain pergerakan *tote* yang diajukan dalam makalah ini, dapat kesimpulan bahwa :

- jumlah siklus per step dari 9 step menjadi 6 step per siklus.
- waktu iradiasi minimum dari 78 menit menjadi 50,4 menit.
- waktu siklus minimum dari 65 detik menjadi 42 detik.
- Dosis minimum untuk 40 kCi sebesar 220 Gy menjadi 141 Gy.

Untuk keberlanjutan penggunaan dari pola gerakan ini, perlu dilakukan pengukuran DUR (*Dose Uniformity Ratio*) apakah pola ini memenuhi standar DUR hasil iradiasi yang diperbolehkan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih karena tulisan ini ada atas dana dari DIPA 2019 dengan kegiatan Prototipe Karakterisasi Iradiator Gamma Tahap-II. Serta kepada KPTF dan tim editor dari jurnal PRFN atas masukan sehingga tulisan ini jadi lebih baik.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hai, L., Diep, T. B., Nagasawa, N., Yoshii, F., and Kume, T. *Radiation depolymerization of chitosan to prepare oligomers*. Nucl. Instrum. Metrodes Phys. Res. B, 208: 466-470. 2003
- [2] Rellve, L., Nagasawa, N., Luan, L.Q., Yagi, T., Aranilla, C., and Abad, L. *Degradation of carrageenan by radiation*. *Polymer degradation and stability*, 87: 403-410. 2005.
- [3] Rombo, G.O., Taylor, J.R.N., and Minnar, A. *Irradiation of maize and bean flours : Effects on starch physicochemical properties*. J. Sci. Food Agric., 84: 350-356. 2004.
- [4] Andress, E.L., Delaplane, K.S., and Schuler, G.A. *Food Irradiation*. Fact sheet HE 8467 (Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida, USA). 1994.
- [5] Emovon, E.U., keynote Addres : *Symposium Irradiation for National Development* (shelda Science and Technology Complex, SHESTCO, Abuja, Nigeria). Pp. 156-164. 1996.

- [6] International Standard ISO # 14470 first edition : 2011-12-01 *Food irradiation-requirements for the development, validation and routine control of the process of irradiation using ionizing radiation for the treatment of food*, ISO Central secretariat, ISO copyright office, Switzerland.
- [7] “*Australian standard and international compendium food microbiology*” untuk uji mikrobiologi. 2014.
- [8] Peraturan Menteri Kesehatan nomor 701. *Jenis pangan, tujuan iradiasi dan dosis serap maksimum*. 2009.
- [9] M. Subhan, A. Satmoko, *Penentuan Dimensi dan Spesifikasi Silinder Pneumatic Untuk Pergerakan Tote Irradiator Gamma Multiguna Batan*, Jurnal Perangkat Nuklir, ISSN 1978-3515,10,pp.50-61, (2016).
- [10] A. Satmoko, H. A. Gunawan, B. Rozali, W. Budiyo, *Komisioning Awal Prototip Irradiator Gamma Merah Putih Dengan Aktivitas Sumber Cpbalt-60 Sebesar 300 kCi*, Prosiding Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir, ISSN : 2540-8062, pp. 196 (2017).