

RANCANGAN BEJANA IRADIASI LATEKS KARET ALAM UNTUK VULKANISASI DENGAN IRADIASI BERKAS ELEKTRON

Suprpto, Djoko SP.

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN

ABSTRAK

RANCANGAN BEJANA IRADIASI LATEKS KARET ALAM UNTUK VULKANISASI DENGAN IRADIASI BERKAS ELEKTRON. Telah dilakukan rancangan bejana iradiasi lateks karet alam untuk vulkanisasi dengan iradiasi berkas elektron. Dalam vulkanisasi dengan iradiasi berkas elektron dilakukan dengan mengiradiasi lateks karet alam dengan berkas elektron pada dosis tertentu hingga terjadi ikatan silang antar molekul-molekulnya. Pada saat vulkanisasi terjadi disipasi panas akibat energi elektron yang diserap oleh lateks dan perlu pengadukan untuk menghomogenkan dosis. Perancangan dilakukan dengan menentukan bentuk bejana, perhitungan pendinginan bejana iradiasi dan sistem pengaduk. Hasil rancangan menunjukkan bahwa: dimensi luar bejana iradiasi adalah panjang 790 cm, lebar 20 cm, tinggi 32 cm dan volume bejana 28,8 liter. Perhitungan pendinginan didapatkan suhu lateks maksimum saat diiradiasi tidak melebihi batas yang dipersyaratkan yaitu 60 °C untuk dosis maksimum 50 kGy dengan suhu air pendingin 20 °C. Pengaduk direncanakan menggunakan baling-baling yang diputar dengan mechanical overhead stirrer jenis RW 20n. Bentuk dan dimensi bejana iradiasi telah diungkapkan dalam gambar teknis sehingga dapat digunakan sebagai pedoman konstruksinya.

Kata kunci: vulkanisasi, lateks, iradiasi, berkas elektron, akselerator

ABSTRACT

DESIGN OF IRRADIATION VESSEL FOR VULCANIZATION OF NATURAL RUBBER LATEX USING ELECTRON BEAM IRRADIATION. The design of irradiation vessel for vulcanization of natural rubber latex has been done. The vulcanization of natural rubber latex can be carried out by conventional method (sulfur vulcanization) and irradiation method. In the irradiation vulcanization, natural rubber latex is irradiated using electron beam or γ -ray at a certain dose to cross link the molecules of latex. In the vulcanization using electron beam, heat is generated from electron beam energy dissipation, and stirring is needed for homogeneous irradiation dose. The design is carried out by determining vessel and stirring shape, cooling calculation related to vulcanization process. The design yields the following outside dimension of irradiation vessel, 790 cm length, 20 cm wide, 32 cm high and 28.8 liters vessel volume. The cooling calculation shows that the temperature of irradiated latex must be lower than 60 °C for maximum dose 50 kGy and cooling water temperature 20 °C. The stirring is designed using propeller that connected by mechanical overhead stirrer type RW 20n. The shape and dimension of irradiation vessel presented in the technical drawing so can be used as the construction guide.

Key words: vulcanization, latex, irradiation, electron beam, accelerator.

PENDAHULUAN

Proses vulkanisasi lateks karet alam dapat dilakukan dengan cara konvensional dan dengan cara iradiasi. Vulkanisasi konvensional dilakukan dengan cara menggunakan belerang sehingga masih menghasilkan lateks dengan kandungan protein alergen dan nitrosamine yang merupakan racun penyebab kanker^[1]. Untuk proses vulkanisasi dengan cara iradiasi, kandungan protein alergen dan nitrosamine dapat dihindari dan masih mempunyai keuntungan-keuntungan lain,

misalnya bahan lateks transparan dan lebih halus serta hemat dalam pemakaian energi^[1]. Pada proses vulkanisasi dengan cara iradiasi digunakan radiasi agar terjadi ikatan silang antar molekul-molekul lateks karet alam sehingga meningkatkan sifat-sifat mekanisnya. Jenis radiasi yang digunakan untuk proses vulkanisasi dapat berupa berkas elektron atau sinar γ . Jika dibandingkan dengan iradiasi sinar γ , iradiasi berkas elektron mempunyai keuntungan yaitu laju dosis sangat tinggi (± 1 Mrad/detik) dan dapat dihidupkan/dimatikan sesuai kebutuhan^[2].

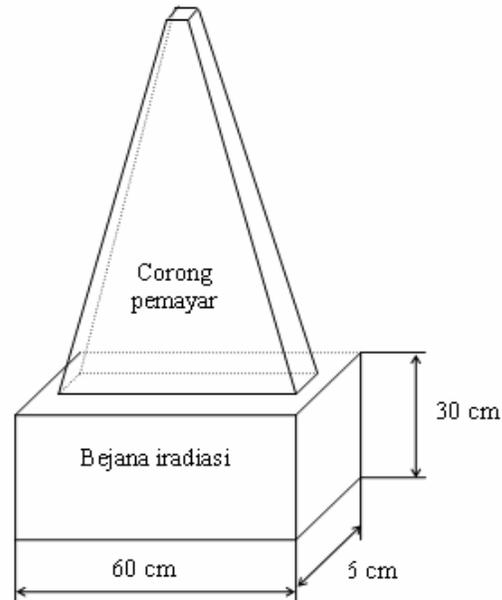
Pada saat lateks karet alam diiradiasi dengan berkas elektron akan terjadi kenaikan suhu akibat energi berkas elektron yang terdisipasi. Kenaikan suhu tidak boleh melebihi batas suhu yang diijinkan yaitu 60 °C^[1]. Permasalahan yang dihadapi pada iradiasi lateks karet alam adalah bagaimana agar suhu lateks saat vulkanisasi tidak mengalami kenaikan yang signifikan sehingga suhu maksimum saat diiradiasi tidak mencapai 60 °C dan cara pengadukan agar dosis iradiasi homogen. Untuk menjaga agar suhu lateks karet alam tidak mengalami kenaikan yang signifikan maka harus dilakukan pendinginan. Pendinginan dapat dilakukan dengan mendinginkan bejana iradiasi menggunakan air pendingin yaitu dengan mengalirkan air ke dalam bejana iradiasi. Pengadukan dapat dilakukan dengan baling-baling untuk mensirkulasikan lateks di dalam bejana iradiasi agar dosis yang diterima homogen. Pada pengadukan tidak boleh timbul buih-buih di dalam bejana proses sehingga kecepatan pengadukan harus dapat diatur dan dibatasi. Untuk memenuhi kebutuhan ini, maka dilakukan rancangan bejana iradiasi untuk vulkanisasi lateks karet alam dengan iradiasi berkas elektron. Rancangan dilakukan dengan menentukan geometri, perhitungan pendinginan dan cara pengadukan yang berkaitan dengan proses vulkanisasi serta pembuatan gambar teknis sehingga dapat digunakan sebagai acuan pembuatan dan konstruksi bejana iradiasi dalam rancang bangun mesin berkas elektron untuk industri lateks.

METODOLOGI

Penentuan Geometri Bejana Iradiasi

Pada penentuan geometri bejana iradiasi harus diperhatikan bentuk corong pemayar dan celah *window* untuk keluarnya berkas elektron menuju target (bejana iradiasi). Hal ini disebabkan agar semua berkas elektron dari mesin berkas elektron yang keluar melalui corong pemayar dan celah *window* dapat mengiradiasi lateks di dalam bejana iradiasi secara optimal. Disamping itu bejana iradiasi harus berfungsi dengan baik untuk tempat iradiasi lateks karet alam dengan berkas elektron. Pada umumnya bejana iradiasi berbentuk silinder dengan volume sekitar 20 liter dan didinginkan dengan air diseluruh dinding silinder tersebut^[1], namun bentuk ini tidak dapat diterapkan pada bentuk corong pemayar dan *window* dari mesin berkas elektron yang akan digunakan untuk mengiradiasi lateks karet alam. Celah *window* dari mesin berkas elektron ini mempunyai ukuran lebar 6 cm dan panjang 60 cm. Dengan demikian bentuk bejana iradiasi harus disesuaikan sehingga

geometrinya minimal sama dengan geometri celah *window*. Berdasarkan uraian tersebut ditentukan geometri bejana iradiasi pada bagian dalam adalah lebar 16 cm, panjang 60 cm dan tinggi 30 cm. Dengan geometri ini maka bejana iradiasi mempunyai kapasitas lateks yang diiradiasi maksimum 28,8 liter dengan skema ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema bejana iradiasi untuk vulkanisasi lateks.

Perhitungan Pendinginan Bejana Iradiasi

Perhitungan pendinginan bejana iradiasi didasarkan pada jumlah panas yang dibangkitkan akibat daya berkas elektron yang terdisipasi, konstruksi dan geometri bejana, fluida pendingin dan persyaratan saat iradiasi yang berkaitan dengan lateks karet alam. Besar daya berkas elektron yang terdisipasi (P) merupakan perkalian antara energi (tegangan pemercepat) dengan arus berkas elektron yang digunakan untuk iradiasi yaitu^[1]

$$P = E \cdot I_e \quad (1)$$

dengan P adalah daya terdisipasi (W), E tegangan pemercepat (V) dan I_e arus berkas elektron (A). Jika fluida pendingin menggunakan air yang didinginkan dengan *chiller* dan air pendingin mendinginkan bejana iradiasi, maka laju perpindahan panasnya adalah^[3]

$$q = U A \Delta T_m \quad (2)$$

dengan q adalah laju perpindahan panas (W), U koefisien perpindahan panas menyeluruh ($\text{W/m}^2 \text{K}$), A luas perpindahan panas (m^2) dan ΔT_m beda suhu rata-rata fluida pendingin dengan bahan yang didinginkan (K). Besar koefisien perpindahan panas menyeluruh sangat tergantung dari besar koefisien konveksi di sisi fluida pendingin dan di sisi lateks yang sedang diiradiasi serta konduktivitas bahan bejana. Besar koefisien perpindahan panas ini dapat dihitung dengan persamaan^[3]

$$U = \frac{1}{\left[\frac{1}{h_f} + R_{f,f} + \frac{t}{k_b} + R_{f,t} + \frac{1}{h_t} \right]} \quad (3)$$

dengan h_f adalah koefisien konveksi di sisi fluida pendingin ($\text{W/m}^2 \text{K}$), $R_{f,f}$ tahanan pengotor di sisi fluida pendingin ($\text{m}^2 \text{K/W}$), t tebal bahan bejana (m), k_b konduktansi bahan bejana (W/m K), $R_{f,t}$ tahanan pengotor di sisi lateks yang sedang diiradiasi ($\text{m}^2 \text{K/W}$) dan h_t koefisien konveksi di sisi lateks yang sedang diiradiasi ($\text{W/m}^2 \text{K}$). Besar koefisien konveksi sangat tergantung pada jenis fluida (berkaitan dengan sifat-sifat fisik fluida yaitu lateks dan fluida pendingin) dan konstruksi bejana iradiasi. Konstruksi ini akan menentukan laju kecepatan aliran fluida pendingin (air) yang digunakan untuk menentukan besar koefisien perpindahan panas konveksi yang terjadi. Untuk aliran paksa, maka terjadi perpindahan panas secara konveksi paksa dan besar koefisien perpindahan panas konveksi paksa ditentukan dengan persamaan^[3]

$$N_{u,D} = 0,023 R_{e,D}^{4/5} P_r^{2/3} \quad (4)$$

dan

$$N_{u,D} = \frac{h D_h}{k} \text{ atau } h = \frac{k N_{u,D}}{D_h} \quad (5)$$

dengan $N_{u,D}$ adalah bilangan Nusselt untuk konveksi paksa, $R_{e,D}$ bilangan Reynolds, h koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W/m}^2 \text{K}$), P_r bilangan Prandtl, k koefisien konduksi fluida (W/m K) dan D_h diameter hidrolis (m). Untuk kondisi fluida diam atau kecepatan aliran sangat rendah, perpindahan panas terjadi secara konveksi bebas. Besarnya koefisien perpindahan panas secara konveksi bebas ditentukan dengan persamaan^[3]

$$N_{u,L} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 R_{a,L}^{1/6}}{\left[1 + (0,492 / P_r)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\} \quad (6)$$

dan

$$N_{u,L} = \frac{hL}{k} \text{ atau } h = \frac{k N_{u,L}}{L} \quad (7)$$

dengan $N_{u,L}$ adalah bilangan Nusselt untuk konveksi bebas, $R_{a,L}$ bilangan Rayleigh dan L panjang karakteristik (m). Jenis perpindahan panas yang terjadi dapat ditentukan dengan persamaan^[3]

$$G_r / R_e^2 \gg 1 \text{ adalah perpindahan panas secara konveksi bebas} \quad (8a)$$

$$G_r / R_e^2 \ll 1 \text{ adalah perpindahan panas secara konveksi paksa} \quad (8b)$$

$$G_r / R_e^2 \approx 1 \text{ adalah perpindahan panas secara gandingan} \quad (8c)$$

dengan Gr adalah bilangan Grashof. Besarnya dosis iradiasi yang diterima oleh lateks ditentukan dengan persamaan^[1]

$$D = \frac{P \cdot t}{m} \quad (9)$$

dengan D adalah dosis iradiasi (Gy), P daya berkas elektron (W), t waktu iradiasi (detik) dan m massa lateks yang diiradiasi (kg). Daya terdisipasi ini menyebabkan kenaikan suhu dan dapat ditentukan dengan persamaan^[3]

$$Q_{in} - Q_{out} = \rho \cdot C_p \cdot \frac{dT}{dt} \quad (10)$$

dengan Q_{in} adalah jumlah panas yang masuk (W), Q_{out} jumlah panas yang keluar (W), ρ massa jenis lateks (kg/m^3), C_p kalor jenis lateks (J/kg K), dT perubahan suhu (K) dan dt perubahan waktu/lama waktu iradiasi (detik).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk perhitungan didasarkan pada sifat-sifat fisik lateks karet alam, air pendingin dan kebutuhan pada proses vulkanisasi serta persyaratan-per-

syaratannya seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan persyaratan (Tabel 1) dan geometri bejana (Gambar 1), maka dilakukan perhitungan. Perhitungan ditekankan pada perhitungan pendinginan karena pada iradiasi saat vulkanisasi terjadi disipasi panas yang cukup besar oleh berkas elektron. Untuk perhitungan kekuatan mekanis tidak dilakukan karena bejana iradiasi bekerja pada tekanan atmosfer sehingga beban mekanis yang terjadi sangat kecil.

Data-data sifat fisik lateks karet alam dan air pendingin yang digunakan untuk perhitungan

ditunjukkan pada Tabel 2. dan hasil perhitungan korelasi konstanta perpindahan panas untuk pendinginan ditunjukkan pada Tabel 3. Perhitungan korelasi konstanta ini dilakukan dengan persamaan (3) sampai dengan persamaan (8) dan data-data pada Tabel 1. Untuk mengetahui laju perpindahan panas secara konveksi paksa atau secara konveksi bebas ditentukan dengan persamaan 8. Pada kasus ini didapatkan $G_r/R_e^2 \gg 1$ yaitu 263,2 sehingga perpindahan panas untuk pendinginan terjadi secara konveksi bebas.

Tabel 1. Persyaratan bejana iradiasi untuk proses vulkanisasi lateks karet alam.

Parameter operasi	Keterangan
Dosis iradiasi ^[1]	50 kGy
Suhu maksimum lateks saat diiradiasi	60 °C
Kecepatan pengaduk bervariasi ^[1]	100 rpm s/d. 300 rpm
Dimensi	600 mm × 350 mm × 150 mm

Tabel 2. Sifat-sifat fisik lateks karet alam dan air pendingin^[3,4].

No.	Konstanta	Lateks	Air	Satuan
1	Viskositas	$48,6 \cdot 10^{-2}$	$1,23 \cdot 10^{-3}$	N.s/m ²
2	Rapat jenis	913	997	kg/m ³
3	Konduktivitas termal	0,134	0,64	W/m K
4	Difusivitas termal	$7 \cdot 10^{-8}$	0,3	m/detik ²
5	Kapasitas panas	1905	4180	J/kg K

Tabel 3. Hasil perhitungan korelasi konstanta perpindahan panas untuk pendinginan.

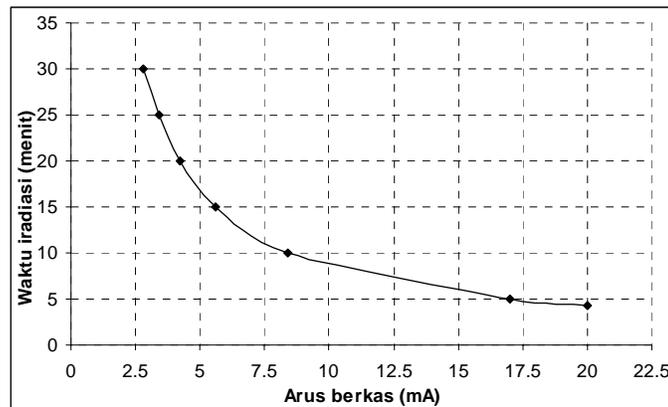
No.	Korelasi konstanta	Hasil perhitungan	Satuan
	Di daerah lateks		
1	Bilangan Reynolds (Re) ^[1]	1.200	
2	Bilangan Nusselt (Nu)	47,5	
3	Koefisien konveksi (h)	21,22	W/m ² K
	Di daerah air pendingin		
4	Bilangan Grashof	29.878	
5	Bilangan Rayleigh (Ra)	17,93	
6	Bilangan Reynolds (Re)	41	
7	Bilangan Nusselt (Nu)	14,5	
8	Koefisien konveksi (h)	29,37	W/m ² K
	Gabungan (konveksi bebas)		
7	Koefisien perpindahan panas keseluruhan (U)	11,92	W/m ² K

Dari perhitungan korelasi konstanta perpindahan panas dilanjutkan perhitungan-perhitungan yang berkaitan dengan laju pembangkitan panas dan laju pendinginan sampai pada perubahan suhu lateks saat diiradiasi. Hasil perhitungan ini ditunjukkan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5.

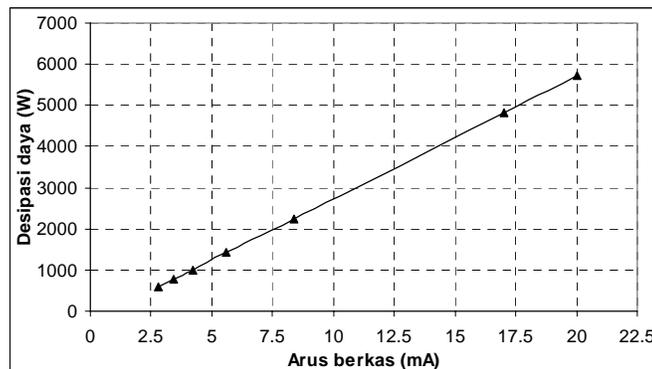
Pada Gambar 2 ditunjukkan hasil perhitungan hubungan arus berkas elektron dengan waktu iradiasi untuk dosis 50 kGy. Perhitungan ini dilakukan dengan persamaan (9). Pada mesin berkas elektron dengan tegangan tinggi DC sebagai tegangan pemercepat, besar energi berkas elektron yang dihasilkan adalah besar tegangan pemercepat dikalikan dengan muatan elektron. Jadi untuk menentukan tegangan pemercepat yang digunakan adalah didasarkan energi berkas elektron yang dihasilkan. Untuk energi elektron yang akan digunakan untuk vulkanisasi ini adalah 300 keV maka tegangan pemercepatnya adalah 300 kV. Perhitungan arus berkas elektron ini dilakukan untuk kapasitas bejana iradiasi 28,8 liter dan dosis

iradiasi 50 kGy serta waktu iradiasi 5 menit sampai 30 menit dengan interval 5 menit dan untuk arus berkas elektron 20 mA. Besar arus berkas elektron 20 mA ditentukan berdasarkan kemampuan mesin berkas elektron yang direncanakan. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (9) dan persamaan (1) sehingga diperlukan besar arus berkas elektron 2,8 mA untuk waktu iradiasi 30 menit dan 17 mA untuk waktu iradiasi 5 menit. Untuk arus berkas elektron 20 mA hanya diperlukan waktu iradiasi 4,2 menit. Makin besar arus berkas elektron yang digunakan untuk iradiasi maka makin kecil waktu yang diperlukan sehingga lebih efisien dan dapat meningkatkan jumlah lateks yang divulkanisasi.

Namun makin besar arus berkas elektron makin besar daya terdisipasi yang terjadi. Hasil perhitungan hubungan besar arus berkas elektron dengan daya terdisipasi yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Hubungan arus berkas elektron dengan waktu iradiasi untuk dosis 50 kGy.

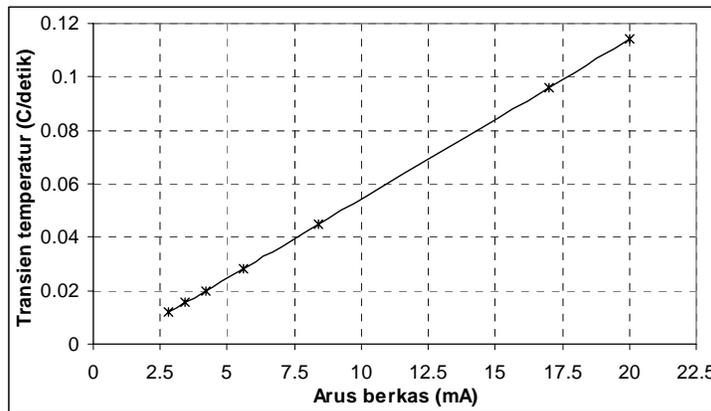


Gambar 3. Hubungan arus berkas elektron dengan disipasi daya untuk dosis 50 kGy.

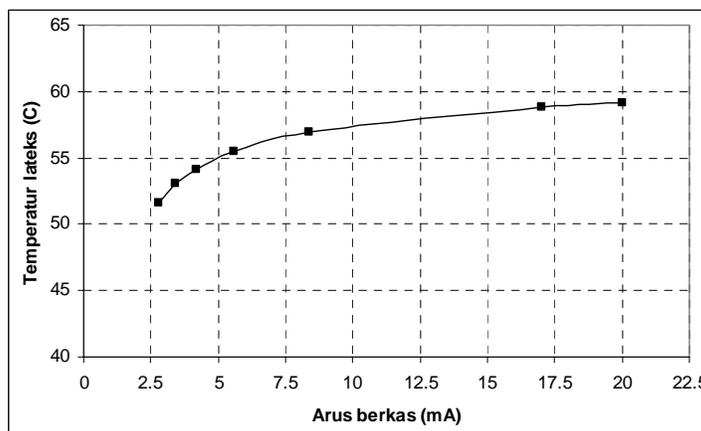
Daya terdisipasi adalah jumlah panas yang masuk (Q_{in}) dikurangi jumlah panas yang keluar (Q_{out}). Jumlah panas yang masuk adalah daya berkas elektron yang digunakan untuk iradiasi, sedangkan jumlah panas yang keluar adalah laju pendinginan bejana iradiasi. Perhitungan daya terdisipasi dilakukan berdasarkan hasil perhitungan korelasi konstanta perpindahan panas dan dengan persamaan (1) dan persamaan (2). Daya terdisipasi ini menyebabkan kenaikan suhu lateks karena merupakan daya berkas elektron yang diubah menjadi panas dan tersimpan di dalam lateks saat diiradiasi. Besar kenaikan suhu lateks dipengaruhi oleh laju kenaikan suhu (transien suhu) dan hasil perhitungannya ditunjukkan pada Gambar 4. Perhitungan ini dilakukan menggunakan persamaan (1) sampai dengan persamaan (10). Dari hasil

perhitungan menunjukkan bahwa makin besar daya terdisipasi makin besar transien suhu yang terjadi. Transien suhu merupakan kenaikan suhu lateks per satuan waktu. Kenaikan suhu lateks saat diiradiasi adalah besar transien suhu yang terjadi dikalikan dengan waktu iradiasi, sedangkan suhu lateks saat diiradiasi adalah suhu awal ditambah dengan kenaikan suhu.

Pada Gambar 5 ditunjukkan hasil perhitungan suhu lateks saat diiradiasi. Suhu lateks saat diiradiasi dihitung dari suhu lateks sebelum diiradiasi ditambah dengan transient suhu dikalikan waktu iradiasi. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa kenaikan arus berkas elektron saat iradiasi memberikan dampak kenaikan suhu lateks secara tidak linier seperti pada kenaikan daya terdisipasi dan transien suhu.



Gambar 4. Hubungan arus berkas elektron dengan transien suhu untuk dosis 50 kGy.



Gambar 5. Hubungan arus berkas elektron dengan suhu lateks untuk dosis 50 kGy.

Hal ini disebabkan pada dosis yang sama yaitu 50 kGy, untuk iradiasi dengan arus berkas elektron yang besar diperlukan waktu iradiasi yang singkat. Dari perhitungan menunjukkan bahwa untuk waktu iradiasi 5 menit diperlukan arus berkas elektron 17 mA pada energi 300 keV dan diperoleh suhu lateks 58,9 °C saat diiradiasi. Untuk waktu iradiasi 30 menit diperlukan arus berkas elektron 2,8 mA pada energi 300 keV dan diperoleh suhu lateks 51,6 °C saat diiradiasi. Jika kapasitas mesin berkas elektron maksimum yaitu pada arus berkas elektron 20 mA diperlukan waktu iradiasi 4,2 menit dan diperoleh suhu lateks 59,2 °C saat diiradiasi. Dengan demikian, walaupun trasien suhu cukup besar pada iradiasi dengan arus berkas elektron yang besar tetapi karena waktu iradiasi cukup singkat maka suhu lateks saat diiradiasi masih di bawah suhu yang dipersyaratkan.

Dari hasil perhitungan pendinginan dilanjutkan pembuatan gambar teknis bentuk bejana iradiasi dan cara pengadukannya. Untuk mengaduk lateks saat proses iradiasi direncanakan menggunakan baling-baling yang diputar dengan *mechanical overhead stirrer* jenis RW 20n buatan IKA World-Wide Group-Germany. *Mechanical overhead stirrer* ini mempunyai jangkauan putaran operasi 60 rpm s/d. 2.000 rpm dan torsi 300 Ncm pada 60 rpm, sedangkan persyaratan operasi pengadukan adalah 100 rpm s/d. 300 rpm (Tabel 1). Pengaturan putaran harus dilakukan saat mesin berkas elektron belum dioperasikan karena pengaturannya secara manual (mekanik). Putaran pengadukan tidak boleh mencapai kondisi lateks mengeluarkan gelembung-gelembung uap, karena akan mengakibatkan pengkristalan/pembekuan^[1]. Gambar teknis bejana iradiasi hasil rancangan secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 6 (Lampiran 1). Penggambaran dilakukan dengan memperhatikan fungsi dan konstruksinya, faktor kesulitan dalam pengerjaan serta estetika sehingga dihasilkan dimensi luar bejana dengan ukuran panjang 790 cm, lebar 20 cm dan tinggi 32 cm serta volume lateks 28,8 liter. Dengan hasil ini

diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman pembuatan bejana iradiasi untuk vulkanisasi lateks karet alam dengan iradiasi berkas elektron serta dapat digunakan sebagai pedoman konstruksinya.

KESIMPULAN

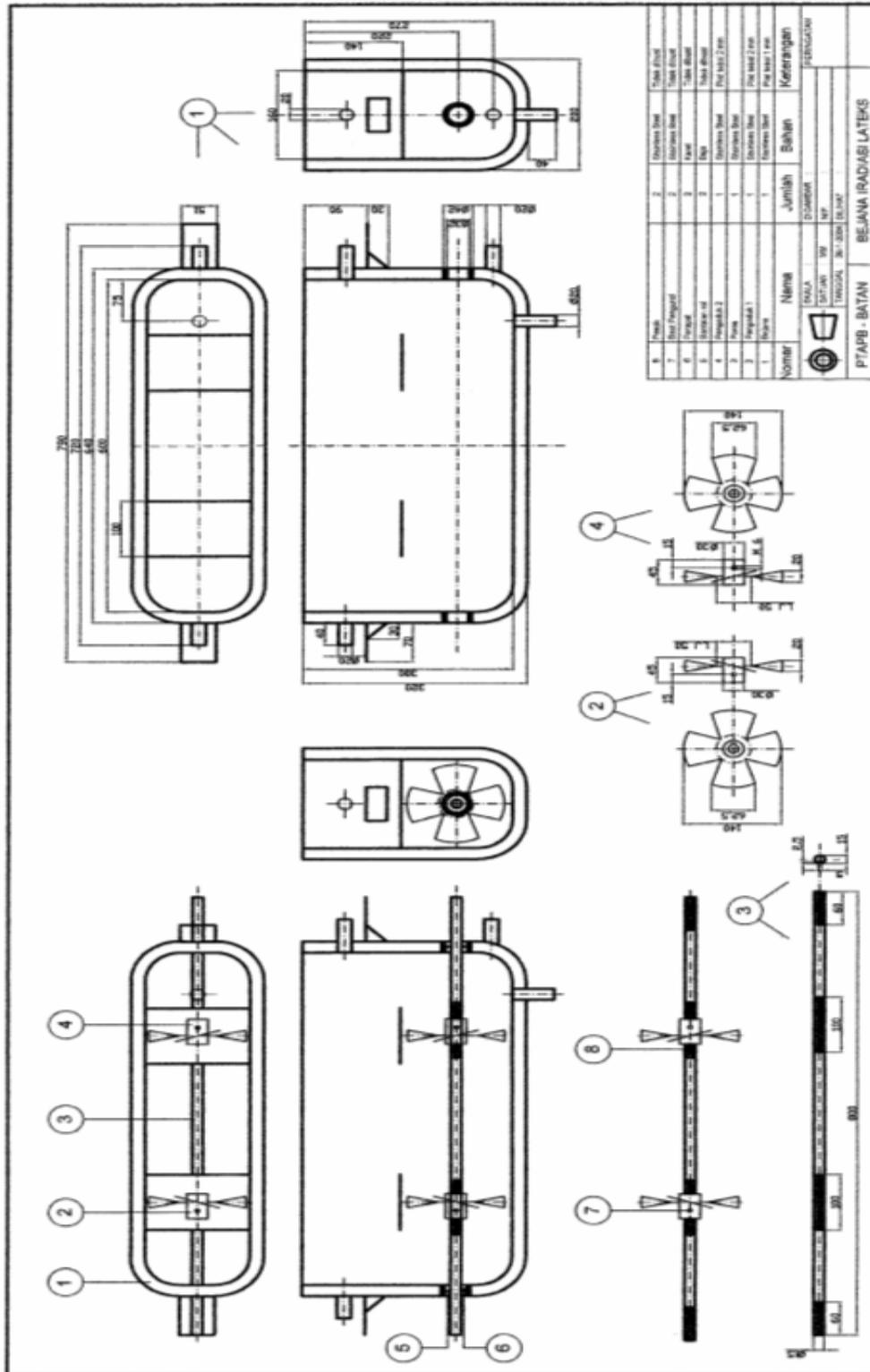
Dari hasil rancangan bejana iradiasi untuk proses vulkanisasi lateks karet alam dengan iradiasi berkas elektron dapat disimpulkan bahwa:

1. Dimensi luar bejana iradiasi adalah panjang 790 cm, lebar 20 cm dan tinggi 32 cm serta volume lateks 28,8 liter.
2. Suhu lateks maksimum saat diiradiasi tidak melebihi batas yang dipersyaratkan yaitu 60 °C untuk dosis maksimum 50 kGy dengan suhu air pendingin 20 °C.
3. Bentuk dan dimensi bejana iradiasi telah diungkapkan dalam gambar teknis sehingga dapat digunakan sebagai pedoman pembuatan dan konstruksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] MAKUUCHI, K., *An Introduction to Radiation Vulkanization of Natural Rubber Latex*, T.R.I. Global Co., Ltd., Bangkok, Thailand, 2003.
- [2] SUNIL SUBHARWAL, *Development of Applications of Electron Beam Based Technology*, BATAN Accelerator School, PTAPB-BATAN, Yogyakarta, 2006.
- [3] INCROPERA, F.P., DEWITT, D.P., *Fundamental of Heat Transfer*, John Wiley & Son, New York, 1981.
- [4] WOOD, L.A., *Physical Constants of Different Rubbers*, Polymers Division, National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland, 1985.

Lampiran 1.



Gambar 6. Gambar teknis bentuk dan dimensi bejana iradiasi.

TANYA JAWAB

Rill Isaris

- Dalam abstrak tercantum hasil dimensi bejana, yang belum terlihat perhitungannya didalam makalah. Apakah hal tersebut berasal dari *Spec Requirement* yang belum dinyatakan secara eksplisit? Apakah bisa dibuat opsi lain dimensi tersebut?

Suprpto

- Dimensi bejana ditentukan berdasarkan kebutuhan yang disesuaikan dengan bentuk corong pemayar dan window, kemudian dilakukan perhitungan pendinginan dan penggambaran secara detil sehingga didapatkan dimensi sesungguhnya.
- Opsi lain sangat sulit karena harus menyesuaikan bentuk corong pemayar dan windows.

Nada Marnada

- Apakah desain bejana yang dibuat sudah memperhitungkan faktor waktu (lama) masa transportasi (termasuk jinak) yang pada kondisi tertentu akan merubah viskositas lateks yang menjadi parameter perhitungan?

Suprpto

- Perhitungan belum mempertimbangkan faktor waktu transportasi atau penyimpanan yang dapat merubah viskositas lateks. Viskositas diambil pada kondisi standar (acuan) dari lateks.

Utaja

- Bagaimana menetralsir muatan yang ada di dalam lateks.

Suprpto

- Saat vulkanisasi, lateks diaduk dan disirkulasikan sehingga terjadi kontak antara molekul-molekul lateks dengan bejana. Dengan demikian terjadi perubahan muatan walaupun tidak seluruhnya (100%) karena lateks merupakan isolator listrik.