

Pengaruh Pengaturan Parameter Las Laser Nd-YAG Terhadap Kualitas Pengelasan pada Mikro Kapsul Terapi Kanker Laju Dosis Rendah

Ario Sunar Baskoro^a, Diandono Kuntjoro Yoga^b

^aMechanical Engineering Department, Faculty of Engineering
Universitas Indonesia, Depok 16424

Tel : (021) 7270032 ext 203. Fax : (021) 7270033

E-mail : ario@eng.ui.ac.id

^bE-mail : diandono14@yahoo.com

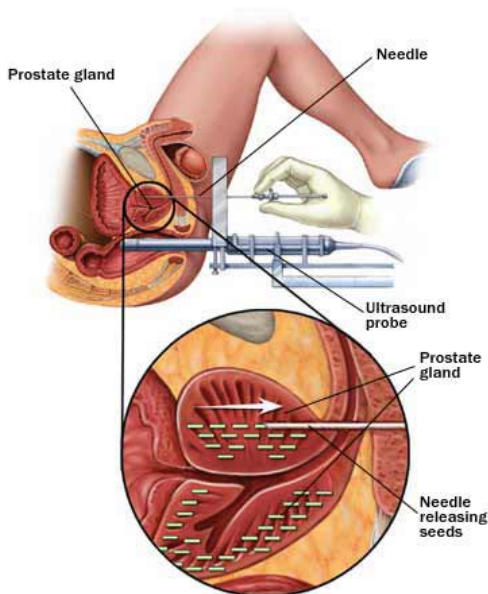
Abstrak

Salah satu terapi pengobatan kanker adalah menggunakan bahan radioaktif yang dikemas dalam kapsul berukuran kecil (mikro kapsul) dari bahan paduan titanium yang ditutup dengan menggunakan las laser. Kualitas pengelasan dipengaruhi oleh pengaturan parameter mesin las laser. Penelitian ini menganalisis perbedaan pengaturan parameter pada pengelasan laser Nd-YAG pada mikro kapsul untuk terapi kanker laju dosis rendah dari bahan Ti6Al4V. Pengelasan dengan laser pada umumnya menggunakan bentuk gelombang *square*, namun berdasarkan pertimbangan karakteristik material pengelasan mikrokapsul ini dipergunakan bentuk gelombang *slope ramp down* dan hasilnya diperoleh hasil yang lebih baik energi yang lebih rendah 14,54% penurunan daya penuh 40% dan rata-rata daya turun 50,1%, serta penghematan gas argon sebesar 16,67% dan mendapat tembusan pengelasan yang lebih baik.

Keywords: mikro kapsul, terapi kanker, las laser, Nd-YAG, Ti6Al4V

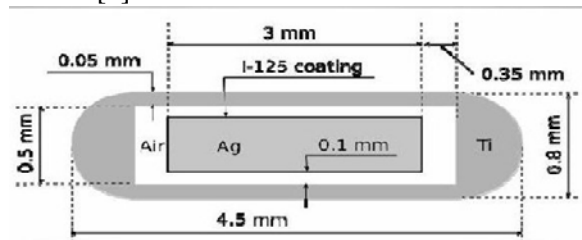
Pendahuluan

Hingga saat ini kanker masih merupakan penyakit pembunuh yang menakutkan. Angka kematian akibat kanker di dunia diperkirakan akan meningkat 45% dari tahun 2007 hingga 2030 (7,9 hingga 11,5 juta penderita). Sementara itu di beberapa negara berkembang kanker menempati urutan kedua sebagai penyakit yang mematikan setelah penyakit jantung [1].



Gambar 1. Terapi kanker menggunakan mikro kapsul laju dosis rendah [2]

Salah satu metoda penyembuhan kanker adalah terapi dengan bahan radioaktif, baik dosis tinggi maupun dosis rendah. Terapi kanker dengan bahan radioaktif dosis rendah menggunakan Iodium-125 yang dilapiskan pada kawat perak, dikemas dalam mikro kapsul dari bahan titanium dan ditutup dengan menggunakan las laser. Setelah dilakukan pengujian kebocoran dan sterilisasi, mikro kapsul ini kemudian diimplan ke dalam jaringan yang terkena kanker [3].



Gambar 2. Potongan dan ukuran dari mikro kapsul

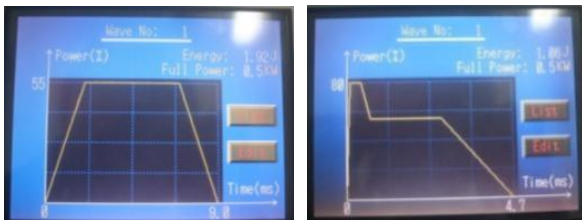
Kualitas pengelasan tidak baik dapat mempengaruhi paparan radioaktif yang keluar dari mikro kapsul. Karena itu perlu dilakukan analisis proses pengelasan pada pembuatan mikro kapsul ini agar diperoleh hasil yang optimal.

Eksperimen ini dilakukan untuk mencari parameter pengelasan laser yang optimal untuk pengelasan mikro kapsul terapi kanker laju dosis rendah.

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Eksperimen ini menggunakan mesin las laser Nd-YAG untuk mengelas mikro kapsul terapi kanker laju dosis rendah dari bahan Ti6Al4V. Selain mikro kapsul, pengelasan juga dilakukan pada kawat titanium dengan bahan dan diameter yang sama untuk melihat tembusan pengelasan. Metode pengelasan dengan cara pelelehan pada posisi vertikal. Eksperimen ini dilakukan dengan membandingkan pengaturan bentuk gelombang laser terhadap hasil pengelasan. Pengaturan parameter ini meliputi pengelasan beda frekuensi, kecepatan las, pengaturan bentuk pulsa, geometris pelelehan dan perbedaan aliran gas selubung.

Pengaturan bentuk pulsa digunakan bentuk pulsa trapezium dan pulsa kejut menurun (spike ramp down) dengan beberapa beda durasi pulsa (Tp).



Gambar 3. Bentuk pulsa trapezium (kiri) & kejut menurun (kanan)

Hasil pengelasan selanjutnya dipotong dengan menggunakan ampelas, dipoles dan dietsa menggunakan *Kroll's reagent* untuk dilihat hasil tembusannya [14,15]. Pengamatan hasil tembusan menggunakan mikroskop digital stereo.

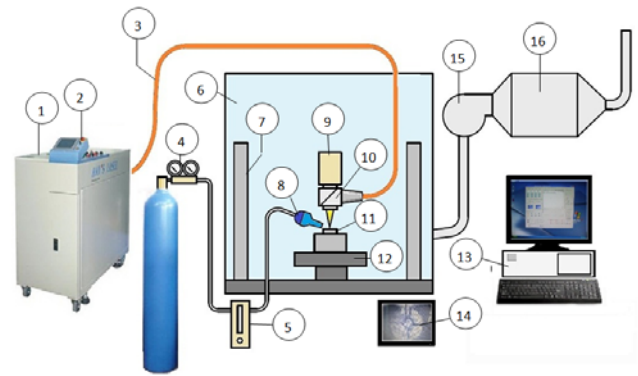
Selanjutnya dari beberapa hasil percobaan pengelasan yang sudah dilakukan kemudian dipilih parameter terbaik untuk mengelas mikrokapsul, dan dilakukan pengujian dan dibandingkan hasilnya dengan pengelasan awal.

Mesin laser yang dipergunakan adalah mesin laser Nd-YAG type PB 50A dari Han's Laser dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi mesin laser

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Daya laser maksimal | 50 W |
| Maximum peak power | 5 W |
| Energy pulsa laser maksimal | 50 J |
| Lebar pulsa | 0,1 – 50 ms |
| Frekuensi | 1- 100 Hz |

Benda kerja ditempatkan dalam work station, dicekam dengan menggunakan chuck dengan pergerakan yang dikendalikan dari sebuah PC. Bentuk pulsa laser dapat diatur menggunakan panel pengatur yang ada pada mesin pembangkit laser.



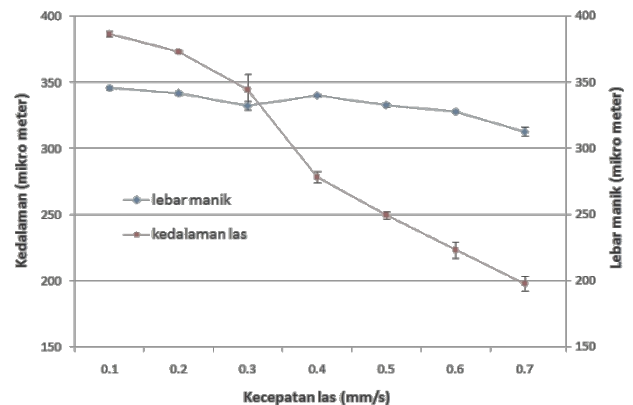
Gambar 1. Skematik alat las laser

Keterangan :

1. Mesin pembangkit laser
2. Panel control pengatur laser
3. Kabel serat optic penghantar laser
4. Tabung dan regulator gas selubung
5. Pengatur tekanan gas selubung
6. Work station
7. Perisai radiasi
8. Nozel gas selubung
9. Kamera CCD
10. Kolimator dan pemfokus
11. Pemegang benda kerja (chuck)
12. Meja penggerak
13. PC pengatur gerakan meja
14. Layer monitor pengelasan
15. Exhaust fan
16. HEPA filter

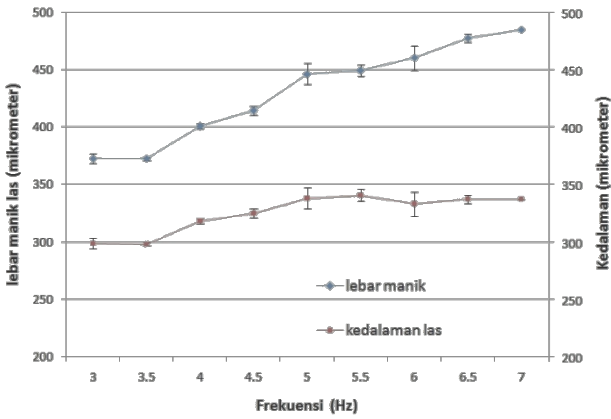
Hasil dan Pembahasan

Pengelasan dengan perbedaan kecepatan diperoleh rata-rata lebar manik las dan kedalaman pengelasan sebagai Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh kecepatan las terhadap diameter dan kedalaman las

Sedangkan pengaruh perbedaan frekuensi terhadap rata-rata hasil pengukuran lebar manik las dan kedalaman dipresentasikan seperti Gambar 4.



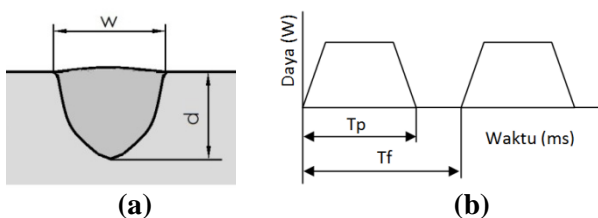
Gambar 4. Pengaruh beda frekuensi terhadap lebar manik dan kedalaman las

Hasil pengelasan dengan sekali tembakan laser dengan variasi bentuk pulsa diperoleh hasil seperti Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan data pengelasan variasi pulsa

| No | Tp (ms) | Daya penuh (W) | w (µm) | d (µm) | d HAZ (µm) | Pulsa | type las |
|----|---------|----------------|--------|--------|------------|-------|----------|
| 1 | 9 | 0.5 | 582.6 | 161.7 | 638.3 | T | keyhole |
| 2 | 7.1 | 0.5 | 530.4 | 157.4 | 655.3 | T | keyhole |
| 3 | 5.1 | 0.5 | 530.4 | 148.9 | 281.3 | T | keyhole |
| 4 | 4.1 | 0.5 | 445.2 | 157.4 | 293.6 | T | keyhole |
| 5 | 3.1 | 0.5 | 439.1 | 187.2 | 192.7 | T | Konduksi |
| 6 | 4.6 | 0.5 | 410.0 | 144.7 | - | KT | Konduksi |
| 7 | 5.6 | 0.5 | 447.8 | 136.2 | 285.1 | KT | Konduksi |
| 8 | 6.6 | 0.5 | 487.0 | 148.9 | 289.3 | KT | Konduksi |
| 9 | 5.6 | 0.6 | 504.3 | 127.7 | 202.2 | KT | keyhole |
| 10 | 6.6 | 0.8 | 487.0 | 89.4 | 280.9 | KT | keyhole |
| 11 | 6.6 | 1.0 | 591.0 | 174.5 | 391.5 | KT | keyhole |

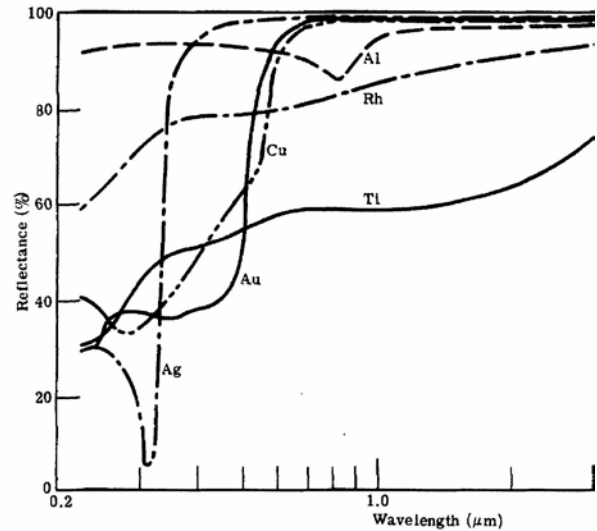
Keterangan : w = lebar manik las , d= kedalaman las, d HAZ = kedalaman HAZ, T = trapezium KT = Kejut turun (spike with ramp down)



Gambar 5. Potongan melintang hasil las (a) dan bentuk pulsa laser (b)

Kedalaman tembusan berbanding lurus dengan jumlah daya laser yang diberikan. Pengelasan dengan bentuk pulsa trapesium dengan daya 3.33 W

hingga 5.76 W menghasilkan pengelasan *keyhole* namun tidak terjadi sampai melelehkan sehingga hanya memperbesar cakupan *heat affected zone* (HAZ). Pengaturan bentuk pulsa dari trapezium menjadi kejut turun dapat mengecilkan HAZ . Pada bentuk pulsa kejut menurun *keyhole* terjadi pada rata-rata daya > 4.83 W. Penggunaan bentuk pulsa kejut menurun juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi laser.(Gambar 5)



Gambar 6. Reflektivitas titanium [5]

Pada suhu kamar, berkas laser Nd_YAG dengan panjang gelombang 1.064 µm, sekitar 60% sinar datang dipantulkan oleh permukaan titanium. Pemberian panas kejut yang tinggi dapat memacu terjadinya pelelehan lebih cepat. Karena reflektivitas material pada titik leleh turun secara drastis, sehingga lebih banyak berkas laser yang diserap. Ketika sudah terjadi pelelehan energi laser diturunkan lagi agar tidak banyak material yang menguap (Gambar 6). [5]

Bentuk pulsa kejut turun menghasilkan efisiensi yang lebih baik bila dibandingkan pengaturan energi laser pada nilai yang sama. Penggunaan pulsa kejut turun cenderung tidak mengakibatkan adanya keropos, kecuali pada sampel no-7. Terjadinya keropos yang terlihat pada warna biru dibagian akhir pengelasan terjadi karena waktu fase pencairan dan pendinginan yang cukup besar yaitu 5 ms.

Kedalaman tembusan berbanding lurus dengan jumlah daya laser yang diberikan. Pengelasan dengan bentuk pulsa trapesium dengan daya 3.33 W hingga 5.76 W menghasilkan pengelasan *keyhole* namun tidak terjadi sampai melelehkan sehingga hanya memperbesar cakupan *heat affected zone* (HAZ).Pengaturan bentuk pulsa dari trapezium menjadi ramp down dapat mengecilkan haz . Pada bentuk pulsa kejut menurun *keyhole* terjadi pada rata-rata daya > 4.83 W. Penggunaan bentuk pulsa

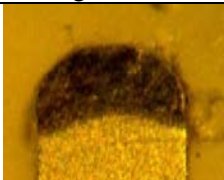
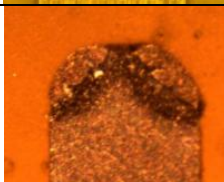
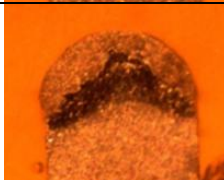
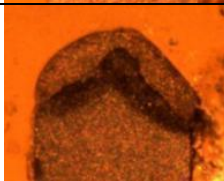
kejut menurun juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi laser. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Ringkasan data bentuk pelelehan las beda pengaturan pulsa

| No | Energy (J) | Tp (ms) | Bentuk pulsa | Full power(KW) | Efisiensi (%) | Keropos | Bentuk geometris |
|----|------------|---------|--------------|----------------|---------------|---------|------------------|
| 1 | 1.75 | 5.4 | T | 0.5 | 1.47 | tidak | bagus |
| 2 | 1.47 | 7.1 | T | 0.5 | 1.47 | ada | bagus |
| 3 | 0,98 | 5.1 | T | 0.5 | 1.44 | ada | bagus |
| 4 | 0.74 | 4.1 | T | 0.5 | 1.37 | tidak | bagus |
| 5 | 0.56 | 3.1 | T | 0.5 | 1.21 | ada | kurang |
| 6 | 0,94 | 4.7 | KT | 0.5 | 1.46 | tidak | bagus |
| 7 | 1.34 | 5.7 | KT | 0.5 | 1.47 | ada | bagus |
| 8 | 1.25 | 6.7 | KT | 0.5 | 1.60 | tidak | tidak |
| 9 | 1.41 | 5.7 | KT | 0.6 | 1.69 | tidak | bagus |
| 10 | 1,96 | 5.7 | KT | 0.8 | 1.96 | tidak | kurang |
| 11 | 2.54 | 5.7 | KT | 1 | 2.11 | tidak | tidak |
| 12 | 2.00 | 4.7 | KT | 1 | 2.08 | tidak | tidak |
| 13 | 2.00 | 4.7 | KT | 1.2 | 2.08 | tidak | bagus |
| 14 | 1,95 | 4 | KT | 1.2 | 2.14 | tidak | tidak |

T = trapezium, KT= kejut turun

Tabel 4. Hasil pengelasan dengan beda aliran gas

| Laju aliran | Potongan Melintang |
|-------------|---|
| 20 l/ min |  |
| 18 l/min |  |
| 15 l/min |  |
| 12 l/min |  |

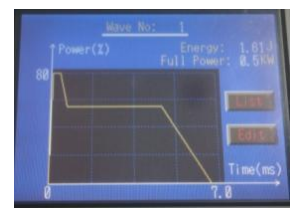
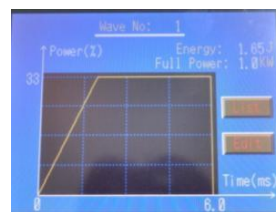
Gas selubung pada pengelasan ini menggunakan gas

argon, yang dipergunakan untuk melindungi benda kerja dari terjadinya oksidasi [12]. Pada pengelasan terjadi perubahan pelelehan benda kerja. Aliran gas selubung ini berpengaruh juga terhadap laju pendinginan benda kerja. Pendinginan yang terlalu cepat dapat menyebabkan terjadinya perubahan fase cair ke padat terlalu cepat sehingga dapat menyebabkan keropos pada benda kerja sehingga pengaruh aliran gas ini juga diamati dengan menggunakan pengelasan pada pengaturan parameter Frekuensi : 5 Hz, Energi laser : 1.22 J , Rata-rata daya : 6.10 W, Energi lampu : 70 J, Energi laser : 0.99 J, Efisiensi : 1.41, Daya Penuh :0.3 kW. dan diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.

Dari beberapa pengelasan yang telah dilakukan, dipilih parameter yang terbaik dan dibandingkan hasilnya dengan pengelasan sebelum penelitian dan hasilnya disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan hasil sebelum dan sesudah pengaturan parameter las laser

| sebelum | Sesudah |
|-----------------------------|-----------------------------|
| frekuensi : 8 Hz | frekuensi : 3 Hz |
| Rata-rata daya : 13,2 W | Rata-rata daya : 4,83 W |
| Energi laser : 1,65 J | Energi laser : 1,61 J |
| Daya penuh : 1,0 KW | Daya penuh : 0,5 KW |
| aliran gas argon : 18 l/min | aliran gas argon : 15 l/min |
| Pengaturan pulsa: | Pengaturan pulsa : |
| 1. 2.0 ms 33% | 1. 0.1 ms 80% |
| 2. 4.0 ms 33% | 2. 0.3 ms 80% |
| 3. 2.0 ms 0% | 3. 0.3 ms 55% |
| | 4. 4.0 ms 55% |
| | 5. 2.0 ms 0% |



Kesimpulan

Dari eksperimen yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Kedalaman pengelasan laser meningkat dengan pengurangan kecepatan pengelasan dan sebaliknya
- Kedalaman pengelasan laser meningkat dengan peningkatan pengaturan frekuensi berkas laser dan sebaliknya.

Adapun dengan perubahan pengaturan parameter diperoleh hasil :

- Penurunan penggunaan daya penuh sebesar 40%
- Penurunan penggunaan rata-rata daya sebesar 50,1%
- Penghematan penggunaan gas argon sebesar 16,67%
- Tembusan pengelasan yang lebih dalam.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Deputy Bidang Sumber Daya Iptek, Kementerian Riset dan Teknologi serta bantuan dari Dr. Abdul Mutalib dan Drs. Hotman Lubis, selaku kepala Pusat dan Kepala Bidang Radioisotop Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka BATAN atas penggunaan peralatan dan bahan untuk penelitian ini.

Referensi

1. <http://www.who.int/features/qa/15/en/index.html> diunduh 21/11/2011
2. <http://www.mayoclinic.com/health/medical/IM03556>, diunduh tgl 28/12/2011
3. Dash et al. *Development of miniature ¹²⁵I Sources for The Treatment of Eye and Prostate Cancers*, Final report of a coordinated research project IAEA- TECDOC 1512, Vienna, 2006
4. H.Fan et al. *Preparation of ¹²⁵I seed sources for Implatation Theraphy of Prostate Cancer*. Final report of a coordinated research project IAEA- TECDOC 1512, Vienna, 2006
5. <http://www.tvu.com/PNextGenTFWeb.html>, diunduh tanggal 28/12/2011
6. Yih-fong Tzeng, *Parametric Analysis of The Pulsed Nd:YAG Laser Seam- Welding Process* Journal of Material Processing Technology 102 (2000) 40 – 47, Taiwan, 2000
7. Sung-Jin Park, Sung-Joon Park et al. *Laser Welding Parameter Variations and its application for plastic Adhesion*, Journal of electrical Engineering & Technology, Vol 2, No.1 pp. 112-117, Pusan, 2007.
8. Milton Segio Fernandes de Lima, *Laser Beam Welding of Titanium Nitride Coated Titanium Using Pulse-Shaping*, Material Research, Vol. 8 No.3 pp 323-328, 2005
9. Hyoung-keun Lee, Hyon-Soo Han et al. *Optimization of Nd:YAG laser welding Parameter for Sealing Small Titanium Tube Ends*, Material Science and Engineering A 415 pp 149-155, Daejeon, 2005
10. P W Fuerschbach and G.R. Eislton , *Effect of Laser Spot Weld energy and Duration on Melting and absorption*, Science and Technology of Welding and Joining Vol 7 No.4, USA, 2002
11. Girish Kelkar, *Pulsed Laser Welding*, WJM Technology, <http://www.welding-consultant.com> diunduh 29 Juli 2011.
12. S Katayama et al. *Pentration and Porosity Prevention Mechanism in YAG Laser-MIG hybrid serWelding*, Journal of Light Metal Welding & Construction 44 (3) pp 99-109