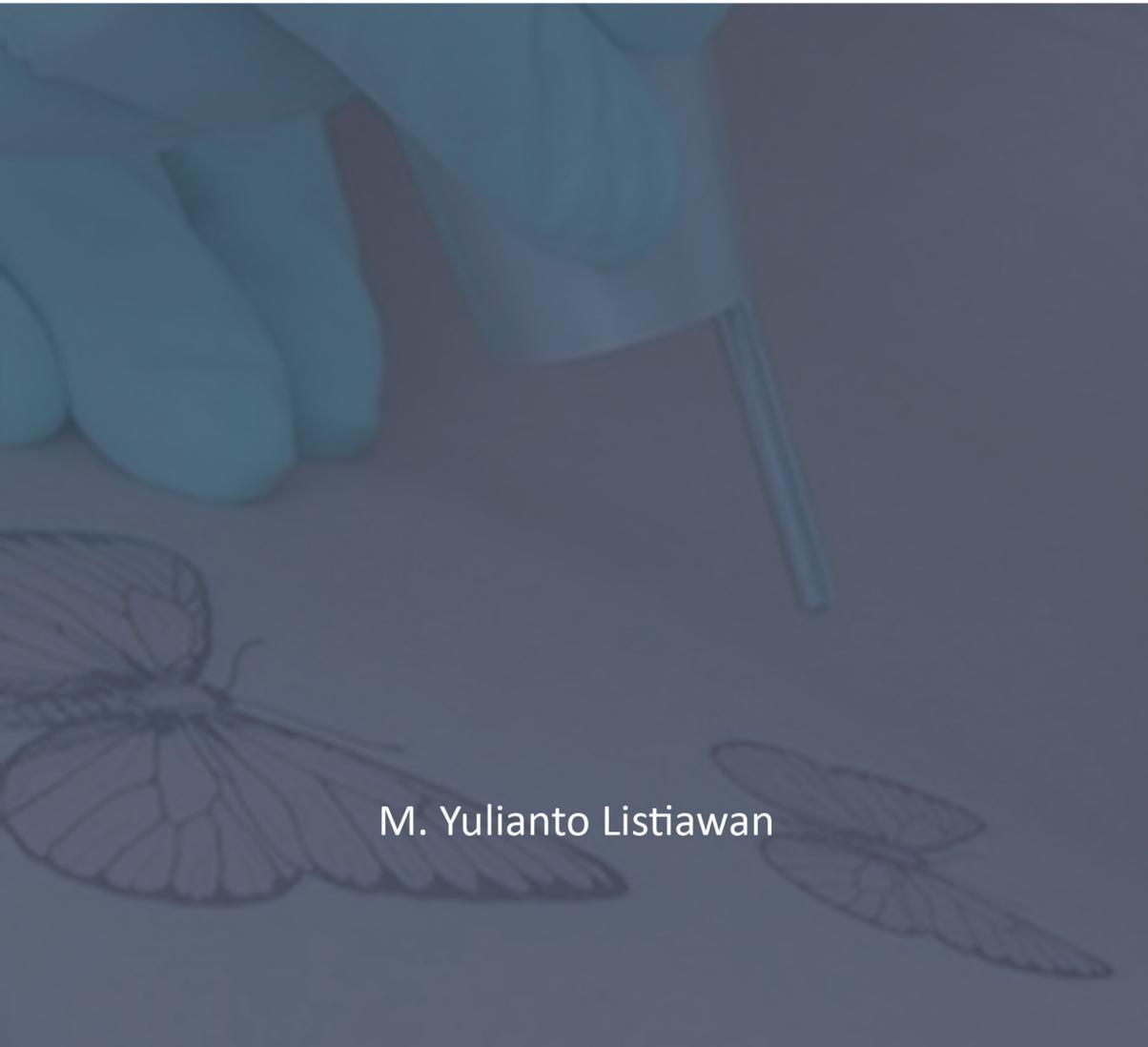




# LASER UNTUK *TATTOO REMOVAL*

Buku Referensi Ilmu Dermatologi & Venereologi  
Berdasarkan Riset Dasar, Riset Klinis, dan Riset Pustaka  
Sistemik Penulis



M. Yulianto Listiawan

LASER UNTUK *TATTOO REMOVAL*

Pasal 113 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/ atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/ atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

# LASER UNTUK *TATTOO REMOVAL*

Buku Referensi Ilmu Dermatologi & Venereologi  
Berdasarkan Riset Dasar, Riset Klinis, dan Riset Pustaka  
Sistemik Penulis

Dr. M. YULIANTO LISTIAWAN, dr., Sp.KK(K)



## LASER UNTUK TATTOO REMOVAL

M. Yulianto Listiawan

978-602-473-711-5

© 2021 Penerbit **Airlangga University Press**

Anggota IKAPI dan APPTI Jawa Timur

Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya 60115

Telp. (031) 5992246, 5992247 Fax. (031) 5992248

E-mail: adm@aup.unair.ac.id

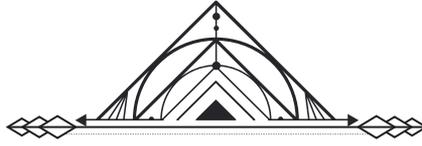
Layout (Roy Wahyudi)

Digitalisasi (Tim Ebook AUP)

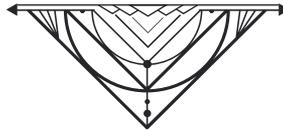
AUP (1068/04.21)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip dan/atau memperbanyak tanpa izin tertulis dari Penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun.



# Prakata



Keberadaan tato telah menjadi bagian dari seni dan budaya sejak ribuan tahun yang lalu. Seiring dengan kepopuleran tato, maka permintaan untuk melakukan *tattoo removal* juga akan semakin meningkat. Hingga saat ini, *tattoo removal* masih menjadi persoalan mengingat hasil dari prosedur tidak dapat diprediksi dan memerlukan prosedur yang efektif dan aman untuk memberikan hasil yang memuaskan.

Prosedur *tattoo removal* telah jauh berkembang. Saat ini tindakan laser merupakan prosedur yang paling banyak digunakan seperti laser *Q-switched*, laser *picosecond* atau laser kombinasi. Tiap jenis laser tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Buku ini terdiri atas 5 bab, dengan pokok bahasan menggali lebih dalam terkait tata laksana yang diterapkan dalam melakukan tindakan *tattoo removal* dengan tindakan laser *Q-switched*, laser *picosecond* dan laser kombinasi. Mengingat adanya kemungkinan bahwa tindakan laser dapat menimbulkan efek samping, buku ini juga mengeksplorasi efek samping yang ditimbulkan oleh *tattoo removal* dengan laser serta tata laksana yang diterapkan untuk mencegah dan mengatasi efek samping yang mungkin terjadi.

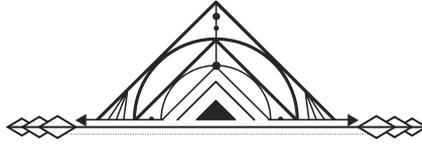
Tulisan yang terdapat di dalam buku ini merupakan hasil dari kajian implementasi klinis yang sebagian besar berdasarkan riset penulis bersama tim lakukan agar dapat digunakan untuk pelayanan pada pasien. Buku ini ditulis dengan harapan dapat memberikan referensi kepada para sejawat, khususnya Dokter Spesialis Dermatologi dan Venereologi, baik yang berprofesi sebagai dosen, praktisi, maupun keduanya dengan sumber utama riset dasar, riset klinis, dan riset pustaka sistematik penulis.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada seluruh staf Departemen Dermatologi dan Venereologi RSUD Dr. Soetomo/Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, seluruh pengurus Pusat PERDOSKI dan Kolegium, juga kepada yang berkontribusi dalam penulisan buku ini (dr. Evy Ervianti, SpKK(K); Prof. Dr. dr. Cita Rosita Sigit Prakoeswa, SpKK(K); dr. Astindari, SpKK; dr. Putri Hendria Wardhani, SpKK; dr. Faradillah Mutiani) serta guru besar, senior, sejawat, PPDS, dokter muda dan mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga – RSUD Dr. Soetomo atas kontribusinya pada riset dan pelayanan pasien yang menjadi modal utama dalam penyusunan buku ini. Tak lupa saya ucapkan terima kasih kepada PIPS Universitas Airlangga dan Airlangga University Press atas dukungan pada penerbitan buku ini.

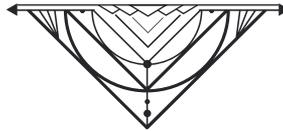
Penulis berharap semoga buku ini dapat bermanfaat untuk para sejawat dan memberikan tata laksana yang komprehensif untuk menghasilkan pelayanan *tattoo removal* efisien dan efektif untuk pasien.

Surabaya,

Dr. M. Yulianto Listiawan, dr. Sp.KK(K).



# Daftar Isi



---

Prakata	v
Daftar Gambar	ix
Daftar Singkatan	xi
Daftar Riset Penulis	xii
<b>I TATA LAKSANA <i>TATTOO REMOVAL</i> DENGAN LASER</b>	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Tata laksana <i>tattoo removal</i> dengan laser secara umum	3
1.3 Kesimpulan	16
1.4 Tindak lanjut	17
<b>II TATA LAKSANA <i>TATTOO REMOVAL</i> DENGAN LASER     <i>NANOSECOND</i></b>	<b>21</b>
2.1 Pendahuluan	21
2.2 Laser <i>Nanosecond</i> untuk <i>Tattoo Removal</i>	22
2.3 Kesimpulan	31
2.4 Tindak lanjut	31

---

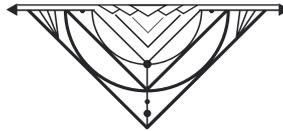
---

<b>III TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER PICOSECOND</b>	<b>35</b>
3.1 Pendahuluan	35
3.2 Laser <i>Picosecond</i> untuk <i>Tattoo Removal</i>	36
3.3 Kesimpulan	44
3.4 Tindak lanjut	44
<b>IV TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER KOMBINASI</b>	<b>47</b>
4.1 Pendahuluan	47
4.2 Laser kombinasi untuk <i>tattoo removal</i>	48
4.3 Kesimpulan	56
4.4 Tindak lanjut	57
<b>V EFEK SAMPING TATTOO REMOVAL DENGAN LASER</b>	<b>59</b>
5.1 Pendahuluan	59
5.2 Efek samping <i>tattoo removal</i> dengan laser	60
5.3 Kesimpulan	82
5.4 Tindak lanjut	82

---

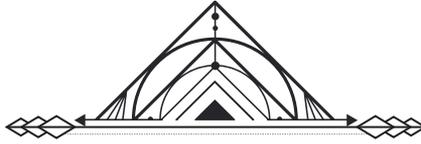


# Daftar Gambar

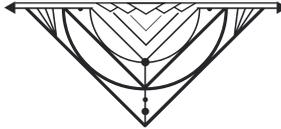


Gambar 1.1	Teori Selektif Fototermolisis.	7
Gambar 1.2	Panjang Gelombang Laser dan Spektrum Warna.	8
Gambar 1.3	Karakteristik Laser.	9
Gambar 1.4	Gambaran Foton pada Media Laser.	9
Gambar 1.5	Suplai Energi pada Media Laser.	10
Gambar 1.6	Interaksi Sinar Laser dengan Jaringan Kulit.	10
Gambar 1.7	Efek sinar laser ketika memasuki jaringan kulit.	11
Gambar 1.8	Pola <i>fluence</i> untuk sinar laser dengan panjang gelombang 1064-nm di permukaan kulit.	12
Gambar 1.9	Panjang gelombang dan spektrum absorpsi dari berbagai kromofor di kulit.	13
Gambar 1.10	Teori selektif fototermolisis, dipengaruhi oleh panjang gelombang laser, durasi denyut laser, dan <i>fluence</i> .	14
Gambar 1.11	<i>Kirby-Desai scale</i> .	17
Gambar 2.1	Teori Fototermolisis.	25
Gambar 2.2	Spektrum dan Panjang Gelombang Laser.	26
Gambar 2.3	Tato amatir pada wajah diberikan terapi laser <i>nanosecond</i> 1064 nm.	28
Gambar 2.4	Tato profesional berwarna hitam dan merah pada leher terapi dengan laser <i>nanosecond</i> 1064 nm dan 532 nm.	28
Gambar 2.5	Pembentukan <i>frosting</i> setelah penggunaan laser <i>Q-Switched</i> .	29
Gambar 3.1	Mekanisme <i>thermal lock-in</i> ( <i>Thermal Relaxation Time</i> ).	40
Gambar 3.2	Mekanisme <i>stress lock-in</i> ( <i>Stress Relaxation Time</i> ).	41

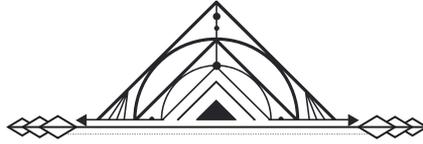
Gambar 3.3	Tato dengan beberapa warna diberikan terapi laser <i>picosecond</i> dan <i>nanosecond</i> .	42
Gambar 4.1	<i>Microscopic Thermal Zone</i> .	51
Gambar 4.2	<i>Fractional Thermolysis</i> .	52
Gambar 4.3	Keunggulan <i>Fractional Thermolysis</i> , proses penyembuhan singkat.	53
Gambar 4.4	Tato profesional sebelum dan pasca perawatan dengan kombinasi laser <i>fractional CO<sub>2</sub></i> dan QS Nd:YAG 1064/532 nm.	53
Gambar 4.5	Tato amatir sebelum dan pasca perawatan dengan kombinasi laser fraksional ablatif ER:YAG dan QS Nd:YAG.	54
Gambar 4.6	Tato pada alis diberikan terapi kombinasi laser <i>fractional CO<sub>2</sub></i> dan <i>Q-Switched</i> Nd:YAG.	54
Gambar 5.1	Interaksi sinar laser dengan jaringan kulit.	64
Gambar 5.2	Tato dengan berbagai warna.	67
Gambar 5.3	Efek samping immediate, perdarahan pinpoint.	68
Gambar 5.4	Efek samping immediate pada tato beberapa warna.	69
Gambar 5.5	Efek samping <i>delayed</i> , hipopigmentasi.	69
Gambar 5.6	Efek samping hipopigmentasi pada penggunaan kombinasi laser <i>Q-Switched</i> dan Laser <i>fractional CO<sub>2</sub></i> .	70
Gambar 5.7	Efek samping hiperpigmentasi dengan penggunaan laser <i>Q-Switched</i> .	71
Gambar 5.8	Efek samping hipopigmentasi pada tato berwarna hitam.	71
Gambar 5.9	Jaringan parut terbentuk setelah penggunaan kombinasi laser <i>Q-Switched</i> dan Laser <i>fractional CO<sub>2</sub></i> .	73
Gambar 5.10	Efek samping berupa <i>scarring</i> pada penggunaan laser <i>Q-Switched</i> .	73
Gambar 5.11	Pembentukan jaringan parut pada penggunaan laser <i>Q-Switched</i> .	74
Gambar 5.12	Pembentukan jaringan parut, keloid setelah penggunaan kombinasi laser <i>Q-Switched</i> dan Laser <i>fractional CO<sub>2</sub></i> .	74
Gambar 5.13	Efek samping berupa reaksi alergi dan terbentuknya <i>scarring</i> pada penggunaan laser <i>Q-Switched</i> .	78
Gambar 5.14	Reaksi alergi pada tindakan <i>tattoo removal</i> dengan kombinasi laser <i>Q-Switched</i> dan Laser <i>fractional CO<sub>2</sub></i> .	79
Gambar 5.15	<i>Incomplete removal</i> setelah penggunaan laser <i>Q-Switched</i> Nd:YAG 1064 nm.	81



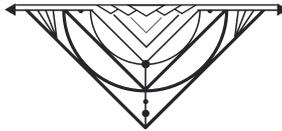
# Daftar Singkatan



- AFR = *Ablative Fractional Resurfacing*  
CO<sub>2</sub> = *Carbon dioxide*  
FDA = *Food and Drug Administration*  
ICT = *Inertial Confinement Time*  
IPL = *Intensed Pulse Light*  
KTP = *Kalium Titanyl Phosphate*  
MTZ = *Microscopic Treatment Zone*  
Nm = *Nanometer*  
Ns = *Nanosecond*  
PFD = *Perfluorodecalin*  
Ps = *Picosecond*  
QS = *Quality Switched*  
SRT = *Stress Relaxation Time*  
TRT = *Thermal Relaxation Time*  
UV = *Ultraviolet*



# Daftar Riset Penulis



## BAB 1

---

- Riset 1.1** Listiawan, MY. 2016. *Basic Course: Overview Laser in Dermatology*. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS).
- Riset 1.2** Listiawan, MY. 2019. *Laser Tissue Interaction*. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
- Riset 1.3** Listiawan, MY. 2017. *Dasar-Dasar Laser di Bidang Dermatologi*. International Conference on Tropical and Clinical Dermatology
- Riset 1.4** Listiawan, MY. 2017 *Principal Laser and Energy Based Device: Physics, Safety, and Hazards*. Workshop Integrating Basic Science and Aesthetic Dermatology Incorporating with IMCAS (International Master Course on Aging Science).
- Riset 1.5** Listiawan, MY. 2017. *LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Konas Perdoski
- Riset 1.6** Listiawan, MY. 2015. *Laser Tattoo Removal in Asian Skin*. Dermatologic Laser and Surgery in Asians
-

---

## **BAB 2**

---

- Riset 2.1** Listiawan, MY. 2015. *Laser Tattoo Removal in Asian Skin*. Dermatologic Laser and Surgery in Asians
- Riset 2.2** Listiawan, MY. 2019. *Laser Tissue Interaction*. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
- Riset 2.3** Listiawan, MY. 2019. *Perspektif baru: Laser di Bidang Dermatologi*. Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Perdoski Medan
- Riset 2.4** Listiawan, MY. 2018. *Laser for Eyebrow Tattoo Removal*. Lombok Dermatology Venereology Updates
- Riset 2.5** Listiawan, MY. 2018. *Basic Laser Dermatology*. Asia Derma
- Riset 2.6** Listiawan, MY. 2016. *Basic Laser Principle*. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS)
- Riset 2.7** Listiawan, MY. 2014. Buletin Surabaya Skin Centre (Maret 2014)
- 

## **BAB 3**

---

- Riset 3.1** Listiawan, MY., 2019. *Perspektif baru: Laser di Bidang Dermatologi*. Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Perdoski Medan
- Riset 3.2** Listiawan, MY., 2016. *Basic Course: Overview Laser in Dermatology*. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS)
- Riset 3.3** Listiawan, MY., 2016. *Basic Laser Principle*. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS)
- Riset 3.4** Listiawan, MY.. 2015. *Laser Tattoo Removal in Asian Skin*. Dermatologic Laser and Surgery in Asians.
- Riset 3.5** Listiawan, MY., 2019. *Laser Tissue Interaction*. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
-

---

## **BAB 4**

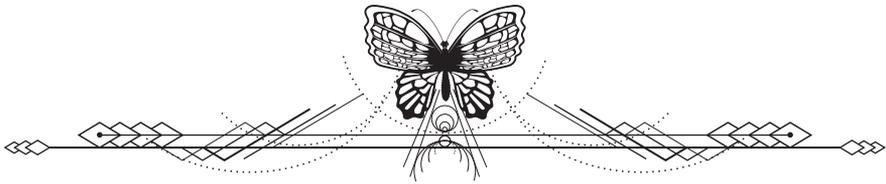
---

- Riset 4.1** Listiawan, MY. 2016. *New Perspective: Dermatology Using Laser*. Symposium Continuing Dermatology and Venereology Education "All About Skin Tightening".  
Listiawan, MY.. 2015. *Laser Tattoo Removal in Asian Skin*. Dermatologic Laser and Surgery in Asians
- Riset 4.2** Listiawan, MY. 2019. *Laser Tissue Interaction*. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
- Riset 4.3** Listiawan, MY. 2017. *Principal Laser and Energy Based Devices: Physics, Safety, and Hazards*. Workshop Integrating Basic Science and Aesthetic Dermatology Incorporating with IMCAS (International Master Course on Aging Science).
- Riset 4.4** Listiawan, MY. 2017. *Dasar-Dasar Laser di Bidang Dermatologi*. International Conference on Tropical and Clinical Dermatology.
- Riset 4.5** Listiawan, MY. 2020. *Prinsip Dasar dan Aplikasi Klinis Laser Dalam Bidang Dermatologi*. Webinar Kolegium Dermatologi Venereologi Indonesia.
- Riset 4.6** Listiawan, MY, 2014. Buletin Surabaya Skin Centre (Maret 2014)
- 

## **BAB 5**

---

- Riset 5.1** Listiawan, MY. 2019. *Laser Tissue Interaction*. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
- Riset 5.2** Listiawan, MY. 2018. *Basic Laser Dermatology*. Asia Derma.
- Riset 5.3** Listiawan, MY. 2020. *Complication of Laser*. Cosmetic Dermatology Inquiring Conference.
- Riset 5.4** Listiawan, MY. 2015. *Laser Tattoo Removal in Asian Skin*. Dermatologic Laser and Surgery in Asians.
- Riset 5.5** Listiawan, MY. 2018. Buletin Surabaya Skin Centre (Maret 2018)
- Riset 5.6** Listiawan, MY. 2015. Buletin Surabaya Skin Centre (Oktober 2015)
-



# TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER



## 1.1 PENDAHULUAN

---

Keberadaan tato telah menjadi bagian dari seni dan budaya manusia sejak ribuan tahun yang lalu.<sup>1</sup> Menurut survei yang dilakukan pada tahun 2015 oleh The Harris Poll di United State, 29% orang dewasa memiliki setidaknya satu tato, meningkat 8% dari 4 tahun sebelumnya. Keberadaan tato sangat digemari oleh kaum muda dan beberapa bahkan memiliki lebih dari 1 tato.<sup>2</sup> Menurut sebuah survei yang dilakukan pada tahun 2006 di United State oleh responden yang berada di usia antara 24–39 tahun, sebagian besar pemasangan tato dilakukan pada saat berada di sekolah menengah, yaitu di usia 16–18 tahun.<sup>3</sup>

Mayoritas pemasangan tato didorong oleh keinginan untuk merasa unik, mandiri, dan harapan untuk menjadi pengalaman hidup, sehingga pemasangan tato identik dengan keinginan dan motivasi internal untuk identifikasi diri.<sup>3</sup> Namun, banyak dari pemakai tato cepat atau lambat menyesali pemakaian tato dan memiliki keinginan untuk menghapus tato.<sup>1</sup> Keinginan ini didorong oleh beberapa hal, seperti rasa malu, pandangan negatif orang lain, dan keinginan untuk mengubah identitas. *Tattoo removal* juga tampaknya menjadi motivasi internal untuk memisahkan diri dari masa lalu dan untuk meningkatkan identitas diri.<sup>3</sup> Sedangkan di Indonesia, *tattoo removal* seringkali dikaitkan dengan keinginan untuk berhijrah, berangkat haji, merasa malu dengan tato yang dimilikinya, pandangan negatif orang lain, dan ingin melanjutkan sekolah atau karir.<sup>4,5,6</sup>

Dengan kepopuleran pemasangan tato, permintaan untuk melakukan *tattoo removal* juga akan senantiasa meningkat. Hasil dari tindakan *tattoo removal* masih menjadi masalah karena tidak dapat diprediksi, baik efek samping maupun hasil *tattoo removal* itu sendiri, sehingga prosedur *tattoo removal* yang efektif dan aman sangat diperlukan. Hingga saat ini, belum ada *guideline* maupun buku referensi di Indonesia yang membahas mengenai prosedur *tattoo removal*. Selain itu, hanya ada sedikit persyaratan dan tidak ada aturan mengenai keamanan pemasangan atau prosedur *tattoo removal*. Seringkali, pemasangan tato dilakukan di pinggir jalan ataupun di salon yang tidak diketahui dengan jelas sterilitas pigmen dan peralatannya. Akibatnya, reaksi kulit yang timbul akibat pemasangan tato meningkat dan merugikan bagi penggunaannya, seperti infeksi, reaksi alergi, bahkan tumor.<sup>7,8</sup>

Tindakan *tattoo removal* dengan berbagai prosedur bukanlah hal yang mudah, karena melibatkan struktur anatomis kulit yang kompleks. Selama bertahun-tahun, abrasi kimia dan tindakan bedah telah digunakan untuk menghilangkan tato, tetapi menghasilkan banyak efek samping, terutama jaringan parut dan retensi pigmen. Perlakuan dengan pemanasan dan pembakaran kulit untuk menghilangkan tato juga telah digunakan selama berabad-abad, termasuk menggunakan api, arang, dan rokok.<sup>1</sup> Prosedur untuk menghilangkan tato juga dapat menimbulkan efek samping seperti infeksi, alergi, nyeri, hipopigmentasi, maupun hiperpigmentasi.<sup>7</sup> Kemajuan teknologi memungkinkan suatu prosedur untuk menghilangkan tato yang lebih aman dan efektif, yaitu dengan laser, namun perlu ditegaskan kembali bahkan penggunaan laser yang mempunyai sifat non-ablatif pun dapat menjadi bahaya untuk tubuh ketika digunakan dengan tidak sesuai.<sup>9</sup>

Oleh karena itu, mencari tata laksana klinis yang aman dan efektif untuk melakukan prosedur *tattoo removal* menjadi kebutuhan mengingat kepopuleran pemakaian tato. Dengan adanya buku referensi ini, diharapkan akan memperluas wawasan mengenai prosedur yang efektif dan aman untuk menghilangkan tato, yang meski tidak menimbulkan mortalitas, namun dapat mengganggu kualitas hidup bagi pasien.

## 1.2 TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER SECARA UMUM

---

Penelitian menggunakan metode studi literatur mengenai tata laksana *tattoo removal* menggunakan laser secara umum. Adapun hasil riset yang ditemukan dan ditelaah adalah:

### Klasifikasi Tato

Tato awalnya ditempatkan di kulit dengan cara melubangi kulit menggunakan instrumen berujung lancip dari bahan apa saja, setelah itu pigmen dioleskan dan digosok ke dalam kulit.<sup>5</sup> Tato dibuat dengan menempelkan pigmen tato di dermis secara sengaja atau sebagai akibat dari trauma dan dapat dibagi menjadi lima kategori, yaitu profesional, amatir, kosmetik, traumatis, dan medis.<sup>10</sup>

---

No.	Peneliti	Penelitian
1.	Adatto, M.A., Halachmi, S., Lapidoth, M., 2011.	Tattoo removal. <i>Current Problems in Dermatology</i> 42, 97-110.
2.	Gurnani, P., Williams, N., ALHetheli, G., Chukwuma, O., Roth, R., Fajardo, F., & Nouri, K. 2020.	Comparing the efficacy and safety of laser treatments in tattoo removal: a systematic review. <i>Journal of the American Academy of Dermatology</i> .
3.	Kent, K.M., Graber, E.M., 2012.	Laser tattoo removal: A review. <i>Dermatologic Surgery</i> 38, 1-13
4.	Naga, L.I., Alster, T.S., 2017.	Laser Tattoo Removal: An Update. <i>American Journal of Clinical Dermatology</i> .
5.	McIlwee, B. E., & Alster, T. S. 2018.	Treatment of cosmetic tattoos: A review and case analysis. <i>Dermatologic Surgery</i> , 44(12), 1565-1570.
6.	Ortiz AE, Alster TS. , 2012	Rising concern over cosmetic tattoos. <i>Dermatol Surg.</i> 2012;38:424-9.
7.	Tamarro, A., Fatuzzo, G., Narcisi, A., Abruzzese, C., Caperchi, C., Gamba, A., Parisella, F.R., and Persechino, S., 2012	Laser removal of tattoos. <i>International Journal of Immunopathology and Pharmacology</i> 25, 536-539.
8.	Allemann, I.B., and Kaufman, J. 2011	Laser principles. <i>Current Problems in Dermatology</i> 42, 7-23

---

No. Peneliti	Penelitian
9. Listiawan, MY. 2016	Basic Course: Overview Laser in Dermatology. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS) 2016
10. Zhang, M., Gong, X., Lin, T., Wu, Q., Ge, Y., Huang, Y., & Ge, L. Y. (2018).	A retrospective analysis of the influencing factors and complications of Q-switched lasers in tattoo removal in China. <i>Journal of Cosmetic and Laser Therapy</i> , 20(2), 71-76
11. Hsu, V. M., Aldahan, A. S., Mlacker, S., Shah, V. V. & Nouri, K. 2016.	The picosecond laser for tattoo removal. <i>Lasers in Medical Science</i> 31, 1733-1737.
12. Torbeck, R., Schilling, L, Khorasani, H., Dover, J. S., Arndt, K. A., Saedi, N. 2019.	Evolution of the Picosecond Laser: A Review of Literature. <i>Dermatologic Surgery</i> 45, 183-194
13. Kirby, W., Chen, C. L., Desai, A. & Desai, T., 2013.	Kirby, W., Chen, C. L., Desai, A. & Desai, T. 2013. Causes and recommendations for unanticipated ink retention following tattoo removal treatment. <i>Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology</i> 6, 27-31.
14. Listiawan, MY., 2015	Laser Tattoo Removal in Asian Skin. <i>Dermatologic Laser and Surgery in Asians</i> 2015.
15. Shah, S. & Alster, T. S. 2010.	Laser treatment of dark skin: An updated review. <i>American Journal of Clinical Dermatology</i> 11, 389-397
16. Listiawan, MY. 2019.	Laser Tissue Interaction. 2 <sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
17. Listiawan, MY. 2017.	Dasar-Dasar Laser di Bidang Dermatologi. International Conference on Tropical and Clinical Dermatology
18. Listiawan, MY. 2017	Principal Laser and Energy Based Device: Physics, Safety, and Hazards. Workshop Integrating Basic Science and Aesthetic Dermatology Incorporating with IMCAS (International Master Course on Aging Science)
19. Listiawan, MY. 2017.	LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. <i>Konas Perdoski</i>

Teknik pemakaian tato profesional tergantung pada negara tempat pembuatan tato.<sup>8</sup> Secara umum, tato profesional ditempatkan dengan menggunakan mesin tato.<sup>10</sup> Warna tinta pada tato profesional biasanya terdiri dari pewarna organometalik yang sering dicampur untuk membuat spektrum warna yang luas.<sup>11</sup> Seiring waktu, warna tinta memudar sebagai akibat migrasi pigmen ke lapisan dermis yang lebih dalam dan menuju kelenjar getah bening regional melalui aliran limfatik<sup>11</sup>. Jenis tato ini sering ditempatkan pada lapisan kulit yang lebih dalam dan lebih presisi secara kedalaman, serta tahan lama.<sup>8,10</sup>

Tato amatir masih dilakukan dengan menusuk kulit dengan benda tajam seperti jarum, tongkat runcing, ataupun tulang tajam yang dicelupkan ke dalam pigmen berwarna (arang, tinta pena, jelaga, tanah, ataupun semir sepatu).<sup>8,11</sup> Tato jenis ini umumnya ditempatkan di lapisan kulit yang lebih dangkal, tinta dalam jumlah yang sedikit, dan warna yang tidak terlalu bervariasi, sehingga seringkali lebih mudah untuk dihilangkan.<sup>11</sup>

Tato kosmetik seringkali terletak secara estetika pada lokasi wajah yang menonjol dan unik, seperti penerapan pada lokasi kelopak mata, alis, dan bibir sebagai riasan permanen.<sup>12</sup> Berbagai variasi warna tinta seperti cokelat, hitam, dan merah sering mengandung pigmen titanium dioksida dan besi oksida yang sulit dihilangkan karena bersifat oksidatif, yaitu menggelapkan tinta saat disinari dengan laser cahaya.<sup>13</sup> Umumnya tato kosmetik menggunakan warna yang digabungkan sesuai keinginan individu dan mungkin juga diberi lapisan pigmen tambahan. Adanya beberapa lapisan tersebut serta ketebalan tinta di kulit menjadikan tato kosmetik lebih sulit untuk ditentukan komposisinya dan lebih rumit untuk dihilangkan.<sup>12</sup>

Tato traumatis dihasilkan dari endapan partikel asing seperti logam, kaca, kotoran, dan partikel yang mengandung karbon ke dalam kulit setelah penetrasi mekanis yang sering terjadi setelah cedera akibat ledakan atau trauma.<sup>11</sup> Bahan-bahan ini menjadi menetap di dermis setelah re-epitelisasi luka dan menghasilkan warna biru atau hitam, tergantung kedalamannya.<sup>10</sup> Sedangkan tato medis adalah tanda abu-abu atau biru kehitaman kecil yang ditempatkan oleh tenaga medis untuk menunjuk lokasi radioterapi ataupun lokasi penempatan alat yang biasanya terbuat dari sedikit tinta India atau pigmen karbon.<sup>11</sup>

Pemeriksaan biopsi serial setelah pigmen tato dimasukkan ke dalam kulit menunjukkan bahwa pigmen tato awalnya berada di akumulasi fokal sesuai dengan tempat injeksi, kemudian menyebar secara homogen di epidermis dan

dermis superfisial dalam 1-2 minggu.<sup>8</sup> Setelah 1 bulan, pigmen dilokalisasi ke sitoplasma sel basal di epidermis serta menuju ke makrofag dan fibroblas di dermis, dengan dominasi pigmen fagositosis muncul di bawah sambungan dermal-epidermal.<sup>8</sup> Reaksi granulomatosa dapat ditemukan pada tahap ini<sup>8</sup>. Diperkirakan bahwa selama bulan pertama ini, kerusakan pada membran basal memungkinkan hilangnya pigmen transepidermal pada tingkat tertentu dari pigmen bebas, sebelum pigmen difagositosis.<sup>8</sup> Selama beberapa bulan berikutnya, pigmen ditemukan lebih dalam di dermis, di dalam fibroblas dan seringkali di dalam jaringan fibrotik perivaskular. Selanjutnya, matriks jaringan ikat padat menjebak fibroblas ini dan mengurangi mobilitasnya, serta mempertahankan pigmen fagosit di tempatnya selama bertahun-tahun.<sup>8</sup>

## Sekilas Tentang Laser Secara Umum

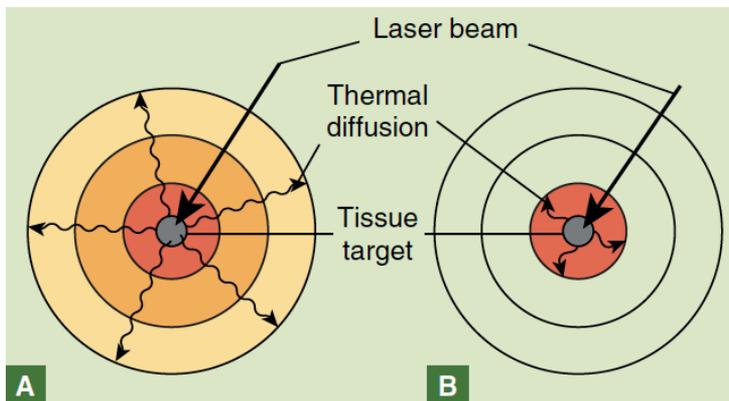
Protokol untuk menghilangkan tato telah berkembang pesat sepanjang sejarah manusia.<sup>5</sup> Metode kimia, mekanis, dermabrasi, tindakan ablatif maupun tindakan eksisi bedah merupakan metode-metode yang digunakan sebelum adanya laser<sup>1</sup>. Penggunaan metode-metode tersebut meskipun mampu menghilangkan tato, namun seringkali merusak jaringan kulit dan meninggalkan bekas luka.<sup>10,14</sup>

Dengan deskripsi teori fototermolisis selektif oleh Anderson & Parrish pada tahun 1983, aplikasi laser di bidang dermatologi telah berkembang menjadi perangkat untuk kerusakan termal yang lebih tepat dan ditargetkan, sehingga meminimalkan kerusakan jaringan non-spesifik.<sup>15</sup> Kromofor atau target yang berbeda di kulit menyerap panjang gelombang yang berbeda dari sinar laser. Menurut teori fototermolisis selektif tersebut, ketika kromofor dipanaskan lebih pendek dari waktu relaksasi termalnya (waktu yang diperlukan agar target kehilangan 50% panasnya setelah laser iradiasi), penghancuran selektif kromofor dapat terjadi tanpa merusak jaringan di sekitarnya (Gambar 1.1).<sup>14</sup> Gambar 1.1(a) menunjukkan bahwa penggunaan laser memerlukan panjang gelombang tertentu untuk mencapai dan diserap secara istimewa oleh struktur target yang diinginkan, durasi pemaparan kurang dari atau sama dengan waktu yang diperlukan untuk pendinginan struktur target, serta energi yang cukup untuk merusak target<sup>16</sup>. Sedangkan gambar 1.1(b) menunjukkan bahwa dengan memenuhi kriteria tersebut, pencapaian menuju kerusakan target hanya membuat minimal atau tidak ada kerusakan jaringan sekitarnya.<sup>16</sup>

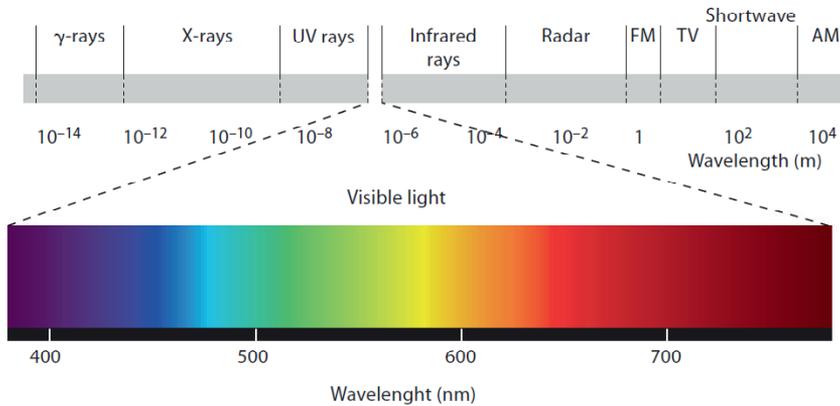
Sinar laser mewakili bagian dari spektrum energi elektromagnetik.<sup>17</sup> Spektrum elektromagnetik terdiri dari gelombang pendek (*x-rays* dan *γ-rays*) hingga gelombang panjang (*microwaves* dan *radiowaves*).<sup>17</sup> Laser dalam dunia medis dan dermatologi menghasilkan sinar pada spektrum *visible* (400–760 nm), *near-infrared* (760–1400 nm), *mid-infrared* (1,4–3 μm), *infrared* (>3 μm), dan sangat jarang pada kisaran UV (200–400 nm). Sinar laser pada spektrum *visible* menghasilkan warna yang dapat dilihat secara kasat mata, sesuai dengan panjang gelombangnya (Gambar 1.2).<sup>17</sup>

Sinar laser memiliki 3 karakteristik yang membedakan dengan sinar lain (Gambar 1.3), yaitu bersifat monokromatis, artinya sinar laser memiliki satu panjang gelombang yang sama atau spesifik.<sup>17</sup> Kedua, sinar laser bersifat koheren, yakni berada dalam satu fase waktu dan jarak yang sama.<sup>17</sup> Ketiga, gelombang laser bersifat paralel satu sama lain, tanpa divergen, yang disebut sebagai *collimation*.<sup>17</sup> Sifat-sifat ini memungkinkan laser untuk menghasilkan gelombang tunggal dengan intensitas tinggi, yang dapat fokus pada target dengan akurat tanpa merusak struktur sekitarnya.<sup>17</sup>

Sebuah media laser terdiri atas setidaknya  $10^{20}$  foton yang memancarkan atom atau molekul sehingga banyak foton terstimulasi. Amplifikasi cahaya yang diperkuat oleh pancaran radiasi akan menambah jumlah foton (Gambar 1.4 dan 1.5). Efek dari laser akan tercapai bila jumlah penambahan foton pada media laser lebih besar daripada hilangnya foton karena pancaran spontan atau absorpsi foton.<sup>17</sup> Pada gambar 1.4., ditunjukkan bahwa foton pertama memicu atom berikutnya untuk memancarkan foton. Kedua foton tersebut



**Gambar 1.1** Teori Selektif Fototermolisis.<sup>16</sup>

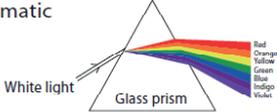
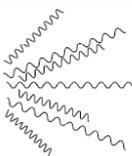
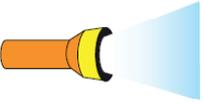


**Gambar 1.2** Panjang Gelombang Laser dan Spektrum Warna.<sup>17</sup>

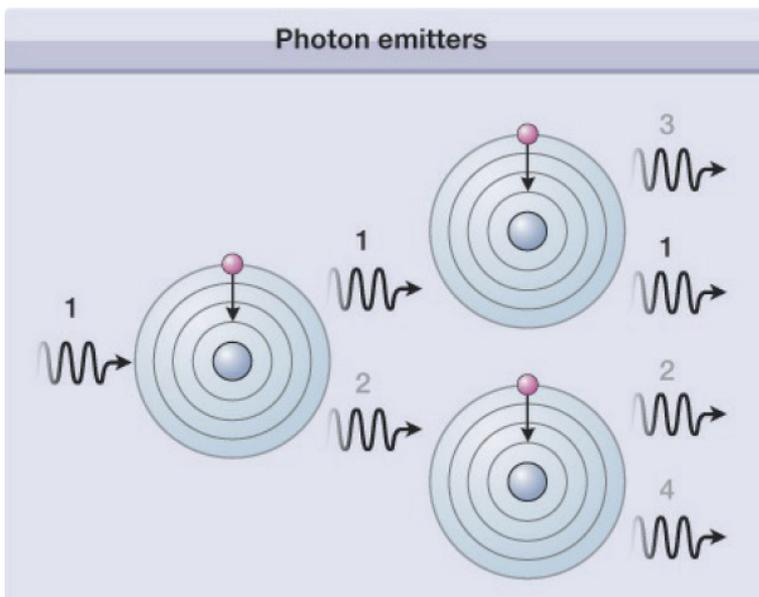
memicu dipancarkan foton berikutnya. Stimulasi dari emisi radiasi dilanjutkan melalui refleksi dari foton bolak balik.<sup>17</sup> Suplai energi yang menuju ke media laser akan berlangsung terus menerus, yang disebut dengan gelombang kontinu. Suplai energi dibatasi interval waktu tertentu menyebabkan eksitasi denyut (Gambar 1.5).<sup>17</sup>

Semakin banyak jumlah foton yang mencapai target, maka panas yang dihasilkan akan semakin tinggi di dalam target seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.6 dan 1.7, saat sinar laser mencapai jaringan kulit, jaringan kulit akan melakukan refleksi, absorpsi, transmisi, ataupun pendaran energi.<sup>16,18</sup> Saat jaringan kulit melakukan refleksi, jaringan kulit akan memantulkan sinar laser pada permukaan jaringan tanpa masuk sama sekali ke dalam jaringan kulit.<sup>16,18</sup> Saat sinar laser diabsorpsi, sinar laser diserap oleh sel target spesifik.<sup>16,18</sup> Ketika jaringan kulit melakukan *scattering* atau pendaran, sinar laser berpendar karena struktur heterogen dalam jaringan.<sup>16,18</sup> Sedangkan ketika sinar laser tidak direfleksikan, diabsorpsi ataupun dipendarkan, sinar akan diteruskan menuju jaringan yang lebih dalam, yang disebut transmisi.<sup>16,18</sup>

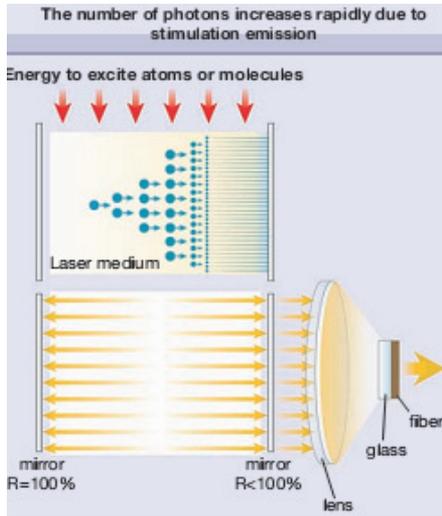
Beberapa parameter dasar dari radiasi optikal (Tabel 1.1) adalah panjang gelombang, kekuatan optikal, intensitas dalam satuan, durasi paparan dalam satuan detik (*second/s*), dan *radiant exposure* (paparan per unit area) atau biasa disebut *fluence*, dengan satuan  $\text{Joule}/\text{cm}^2$ .<sup>17</sup> Durasi paparan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai berbagai tujuan terapi. Luasnya durasi waktu denyut menyiratkan berbagai intensitas yang lebar pula, dan hal ini penting dalam keamanan terapi.<sup>19</sup> Untuk mendapatkan efek terapeutik, diperlukan

Laser light	Non-laserlight (e.g. flashlight)
Monochromatic 	Polychromatic 
Coherent 	Incoherent 
Collimated 	Divergent 

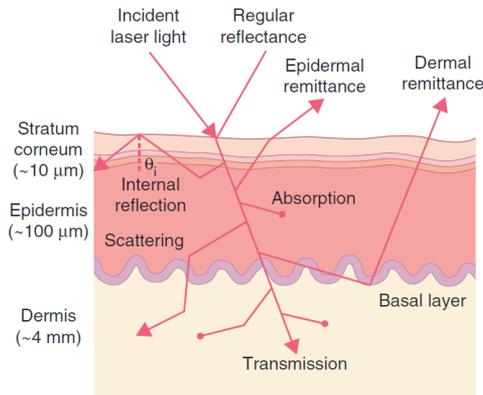
**Gambar 1.3** Karakteristik Laser.<sup>17</sup>



**Gambar 1.4** Gambaran Foton pada Media Laser.<sup>17</sup>



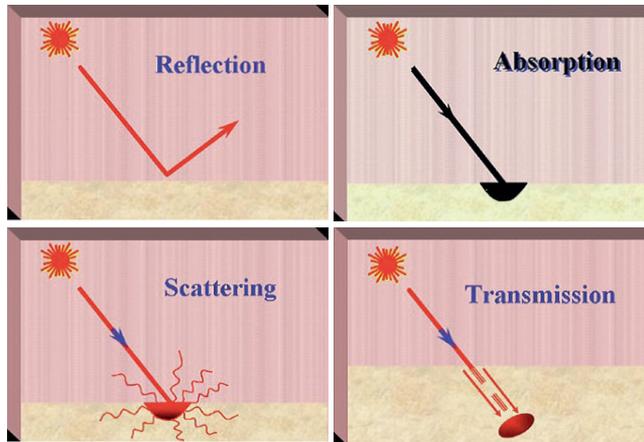
**Gambar 1.5** Suplai Energi pada Media Laser.<sup>17</sup>



**Gambar 1.6** Interaksi Sinar Laser dengan Jaringan Kulit.<sup>18</sup>

**Tabel 1.1** Parameter Radiasi Optik.<sup>17</sup>

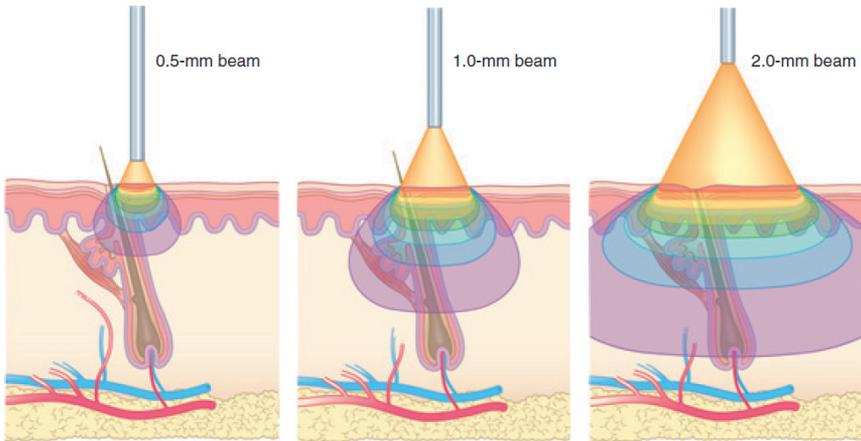
Parameter	Formula	Unit
Energi	Energi = Daya × waktu	J = W × s
Intensitas	Intensitas = Daya / Area	W/cm <sup>2</sup>
Paparan pemancar sinar (fluence)	Paparan pemancar sinar = Daya × waktu / Area	J/cm <sup>2</sup> = W × s / cm <sup>2</sup>



**Gambar 1.7** Efek sinar laser ketika memasuki jaringan kulit.<sup>17</sup>

durasi paparan yang berbeda-beda, dari *picosecond* hingga *millisecond*. Durasi paparan dapat dibagi menjadi durasi yang kontinu ( $>0,2$  detik), denyut ( $0,2 \rightarrow 1 \mu$  detik), ataupun pada laser *Q-switched* yang berkisar antara  $1 \mu\text{s} - 1 \text{ns}$ .<sup>17</sup> Saat panas dibentuk dalam suatu target dengan penyerapan foton yang istimewa, target mulai mendingin dengan konduksi.<sup>17</sup> Oleh karena itu, pemanasan target adalah keseimbangan antara laju penyerapan foton dan laju pendinginan.<sup>17</sup> *Fluence* atau paparan pemancar sinar adalah parameter yang paling sering dimanipulasi dalam penggunaan terapi laser.<sup>19</sup> Parameter ini merupakan produk dari intensitas sinar laser dan durasi paparan. Paparan pemancar sinar memiliki angka bervariasi, antara  $1-400 \text{ J/cm}^2$ . Berdasarkan rumus, intensitas dan durasi denyut berbanding terbalik dengan urutan luas area paparan.<sup>19</sup> Selain itu, faktor lain yang memengaruhi adalah ukuran *spot*. Ukuran ini akan memengaruhi kedalaman penetrasi dari sinar laser ke jaringan kulit.<sup>18</sup> Selain itu, panjang gelombang yang semakin panjang juga akan menyebabkan kedalaman penetrasi radiasi pada kulit yang semakin dalam.<sup>17</sup>

Target penyerap cahaya yang spesifik dikenal sebagai kromofor.<sup>20</sup> Ada berbagai kromofor di kulit yang mampu menyerap cahaya, namun tiga kromofor endogen utama di kulit adalah melanin, hemoglobin, dan air. Masing-masing kromofor ini memiliki spektrum absorpsi dan puncak absorpsi sendiri, serta terdapat absorpsi relatifnya untuk setiap panjang gelombang.<sup>20</sup> Pada Gambar 1.9, ditunjukkan bahwa melanin menunjukkan spektrum absorpsi yang menurun mulai dari 400 hingga 750 nm, spektrum absorpsi hemoglobin



**Gambar 1.8** Pola *fluence* untuk sinar laser dengan panjang gelombang 1064-nm di permukaan kulit.<sup>19</sup>

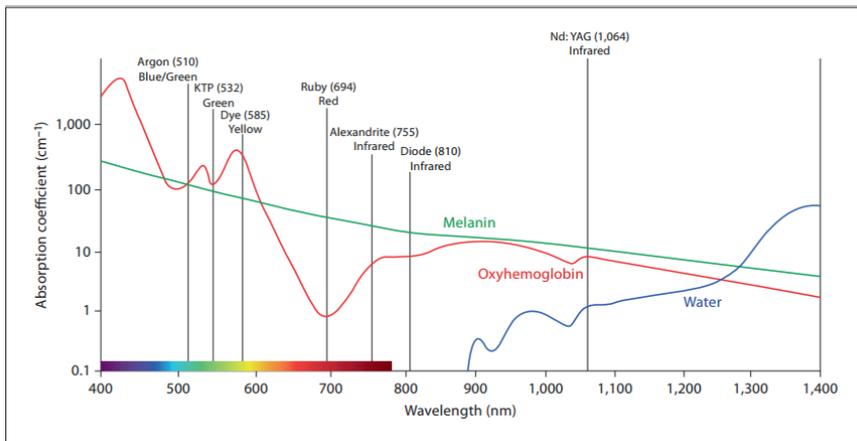
mencapai 400-600 nm, dengan puncak absorpsi yang dapat ditargetkan secara istimewa, dan oksihemoglobin menunjukkan puncak absorpsi maksimumnya pada panjang gelombang 418 nm, diikuti oleh puncak yang lebih kecil pada 548 dan 577 nm.<sup>20</sup> Puncak penyerapan ini dapat ditargetkan secara spesifik, untuk meminimalkan penyerapan dengan kromofor yang bersaing.<sup>20</sup> Air menunjukkan peningkatan penyerapan, mulai dari *mid-infrared* dan meningkat ke bagian spektrum elektromagnetik inframerah.<sup>20</sup> Jadi, *visible light* dan UV terutama diserap oleh melanin dan hemoglobin, sedangkan sinar *infrared* terutama diserap oleh air.<sup>20</sup>

Memilih panjang gelombang yang optimal untuk penyerapan kromofor target masing-masing adalah hal yang penting. Namun, untuk hasil secara klinis, harus diingat bahwa dalam kisaran yang terlihat, kedalaman penetrasi meningkat dengan bertambahnya panjang gelombang.<sup>20</sup> Oleh karena itu, meskipun penyerapan melanin tertinggi berada pada panjang gelombang pendek dalam kisaran yang terlihat, panjang gelombang tersebut tidak akan menembus cukup dalam, misalnya untuk mencapai melanin yang terletak di dermis dan mengobati lesi kulit berpigmen.<sup>20</sup> Contoh lainnya seperti penggunaan laser *Q-switched* 532 nm dapat dengan mudah menghilangkan lesi berpigmen superfisial seperti lentigo, tetapi tidak mampu menembus cukup dalam untuk mengatasi nevus Ito karena lokasi pigmen yang dalam.<sup>20</sup> Dengan

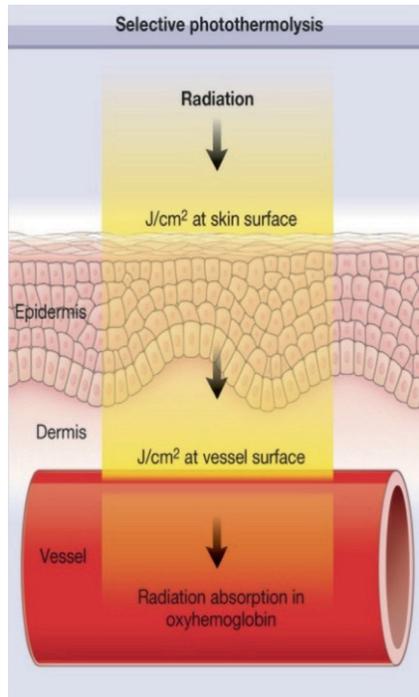
demikian, panjang gelombang harus dipertimbangkan sehubungan dengan absorpsi maksimum serta kedalaman penetrasi.<sup>20</sup>

Radiasi UV B (sekitar 300 nm) menembus kulit hingga 1/10 mm saja. Radiasi inframerah, misalnya pada laser Nd:Yag 1064 nm mencapai kedalaman hingga beberapa milimeter. Jika menggunakan panjang gelombang yang lebih tinggi dari 1100 nm, maka kedalaman penetrasi semakin rendah karena radiasi diserap oleh air di jaringan kulit.<sup>17</sup> Laser Nd:YAG 532 nm dan *pulsed dye laser* (585–600 nm) berinteraksi dengan oksihemoglobin. Radiasi dari laser *ruby* (694 nm), *alexandrite* (sekitar 810 nm) kurang diserap oleh oksihemoglobin dan lebih cocok untuk lesi berpigmen termasuk *hair removal* (Gambar 1.9).<sup>17</sup> Radiasi dari laser Nd:YAG yang minimal diserap oleh semua kromofor. Lesi berpigmen yang mengandung sedikit melanin atau tato lebih disarankan menggunakan laser *Q-switched* dengan durasi denyut kisaran *nanosecond*, karena memiliki durasi denyut pendek dan intensitas cahaya tinggi.<sup>17</sup> Sedangkan penggunaan durasi denyut milidetik baik IPL atau laser bermanfaat untuk koagulasi pembuluh darah kecil dengan diameter 50–150  $\mu\text{m}$ .<sup>17</sup>

Melalui teori fototermolisis selektif (Gambar 1.10), laser dapat menghancurkan jaringan secara selektif, misalnya melanosom atau partikel tinta tato di dalam kulit, tanpa merusak jaringan sekitar seperti pembuluh darah atau kolagen, dengan beberapa prinsip yang mendasari, yaitu panjang gelombang sinar laser harus sesuai dengan penyerapan maksimum atau berada dalam



**Gambar 1.9** Panjang gelombang dan spektrum absorpsi dari berbagai kromofor di kulit.<sup>20</sup>



**Gambar 1.10** Teori selektif fototermolisis, dipengaruhi oleh panjang gelombang laser, durasi denyut laser, dan *fluence*.<sup>17</sup>

spektrum absorpsi dari masing-masing kromofor target, durasi denyut dari sinar laser harus sama atau lebih pendek dari waktu relaksasi termal dari kromofor target, dan yang terakhir adalah paparan pemancar sinar laser, atau disebut sebagai *fluence*, harus cukup tinggi untuk benar-benar menghancurkan kromofor target dalam durasi *pulse* yang ditentukan.<sup>19</sup> Tinta partikel dalam tato disimpan dalam fibroblas dan makrofag di kulit lapisan dermis. Pigmen eksogen ini sangat kecil dan memiliki relaksasi termal yang sangat singkat, sehingga pemanasan yang sangat cepat diperlukan untuk dilakukan penghancuran partikel tersebut secara selektif, artinya pigmen di dermis hancur tanpa merusak struktur sekitar.<sup>11</sup> Sinar laser memiliki ciri monokromatik, oleh karena itu sangat penting untuk menggunakan laser yang sesuai dengan panjang gelombang yang sesuai dengan warna tato, misalnya pigmen merah selektif dihancurkan oleh sinar lampu hijau karena kromofor merah menyerap cahaya hijau.<sup>14</sup>

Terdapat tiga efek yang berperan pada absorpsi laser *Q-switched* oleh pigmen tato. Yang pertama, penyerapan sinar laser yang sangat intens oleh pigmen tato menyebabkan pemanasan cepat, dengan suhu mencapai 900°C. Pemanasan yang disebabkan oleh penyerapan sinar laser disebut sebagai efek fototermal.<sup>8</sup> Saat partikel tinta tato dipanaskan, partikel tersebut mengalami ekspansi termal. Karena denyut laser *Q-switched* dikirimkan dalam satuan *nanosecond*, partikel tersebut dipanaskan dengan sangat cepat.<sup>8</sup> Hasil pemanasan sekejap dalam ekspansi hebat, menghasilkan gelombang kejut, yang terdengar seperti suara letupan dengan setiap denyut laser.<sup>8</sup> Pembangkitan gelombang kejut akustik oleh pemanasan sangat cepat yang disebabkan oleh penyerapan sinar laser disebut efek fotoakustik dan ini merupakan efek yang kedua. Gelombang akustik yang kuat menghasilkan gaya yang kekuatannya melebihi ambang batas pecahan, sehingga menyebabkan fragmentasi partikel pigmen tato.<sup>8</sup> Ketiga, temperatur yang tinggi juga menyebabkan penguapan air yang cepat, yang mengarah pada pembentukan gelembung gas. Ketika terbentuk pada durasi yang sangat cepat dan di bawah kondisi tekanan yang tidak stabil, gelembung gas dapat mengalami kavitasi, yang selanjutnya memecah partikel pigmen tato.<sup>8</sup> Gaya geser yang disebabkan oleh gerakan cepat partikel, pembentukan gelembung gas, dan kavitasi menyebabkan pecahnya sel yang menampung pigmen, kemudian membebaskan pigmen yang terfragmentasi dan mengakibatkan lebih mudah untuk difagosit.<sup>8</sup>

Saat ini, terdapat dua jenis laser yang digunakan untuk *tattoo removal*, yaitu dengan laser *nanosecond* dan *picosecond*, berdasarkan durasi denyut atau *pulse*. Laser *Quality-switched* (QS) dirancang untuk menghasilkan durasi *pulse* dalam jangkauan *nanosecond* ( $10^{-9}$  s) dengan energi puncak di atas 10 J/cm<sup>2</sup>,<sup>11</sup> Laser QS *ruby* adalah laser QS pertama yang digunakan tersedia secara komersial, diikuti oleh QS Nd: YAG dan QS laser *alexandrite*. Ketiga laser tersebut masih digunakan sampai sekarang, dengan prinsip panjang gelombang laser tertentu lebih efektif dalam menghilangkan pigmen warna tertentu.<sup>10</sup> Komplikasi paling umum pada *tattoo removal* dengan laser QS adalah dispigmentasi, terbentuknya bula, maupun reaksi alergi.<sup>21</sup>

Selain penggunaan laser *nanosecond*, penggunaan laser *picosecond* juga makin banyak dikembangkan dalam prosedur *tattoo removal*. Laser *picosecond* memberikan durasi *pulse* dalam jangkauan  $10^{-12}$  detik dan tampaknya menjadi modalitas perawatan yang paling menjanjikan untuk *tattoo removal* yang cepat dan efektif. Laser *picosecond* mengirim panjang *pulse optical* yang paling sesuai

dengan waktu relaksasi termal molekul pigmen tato sehingga dapat melakukan kerusakan fotomekanik/fotoakustik yang sesuai untuk target.<sup>22</sup> Kejadian dispigmentasi umum didapatkan pada prosedur laser *picosecond*, sedangkan jaringan parut lebih sering didapatkan pada laser *nanosecond*.<sup>23</sup> Studi literatur banyak mengungkapkan manfaat laser *picosecond* untuk tindakan *tattoo removal* yang telah berhasil, namun penggunaannya di pasar masih terbatas hanya pada *tattoo removal* dan perlu dikembangkan untuk kegunaan lain seperti pada foto-rejuvenasi, *scar*, dan pigmen dermis, terkait dengan harga alat yang mahal.<sup>24</sup>

Tindakan *tattoo removal* tidak hanya menghasilkan respons perawatan laser secara tidak terduga karena komposisi kimianya sangat bervariasi, tetapi juga karena tinta tato sering terletak di berbagai macam lapisan kulit dan tergantung dengan pewarnaan tato yang digunakan.<sup>25</sup> Umumnya, tato dengan pewarnaan hitam paling mudah pudar, sedangkan pewarnaan yang bervariasi lebih sulit.<sup>26</sup> Pada prosesnya, tindakan *tattoo removal* meliputi beberapa masalah, terutama pada ras Asia, karena jenis kulit gelap memiliki tantangan terutama pada perubahan pigmentasi.<sup>26</sup> Penyerapan energi relatif tidak spesifik pada melanin dalam jumlah besar di lapisan basal epidermis seperti pada pasien yang berpigmen gelap, sehingga dapat meningkatkan cedera termal nonspesifik, serta daya serap yang kompetitif oleh melanin epidermal secara substansial mengurangi jumlah energi yang dapat mencapai lesi dermal yang lebih dalam, sehingga lebih sulit untuk dicapai tingkat kerusakan jaringan yang diperlukan untuk menghasilkan hasil klinis yang diinginkan.<sup>27</sup>

Sebelum dilakukan tindakan *tattoo removal*, ada beberapa penilaian yang perlu dilakukan seperti yang disebutkan dalam *Kirby-Desai scale* (Gambar 1.11), dengan menggunakan laser QS dapat diperkirakan berapa kali perawatan laser diperlukan. Laser *picosecond* memiliki energi yang lebih besar, mengakibatkan pecahnya pigmen tato yang lebih kecil sehingga sesi perawatan laser akan lebih singkat.<sup>25</sup>

### 1.3 KESIMPULAN

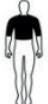
---

Laser adalah standar emas yang ditetapkan untuk menghilangkan tato, tetapi tidak selalu menjamin hasil yang baik sehingga diperlukan pemahaman yang baik tentang tato dan penggunaan laser. Mekanisme yang bertanggung jawab untuk respons dari tindakan *tattoo removal* memiliki banyak variabel

yang saling terkait, seperti jenis tato, pigmen yang digunakan untuk tato, kedalaman pigmen, warna kulit, jenis laser yang digunakan, dan teknik untuk menghilangkan tato.

## 1.4 TINDAK LANJUT

Diperlukan studi lebih lanjut yang membahas mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan tindakan *tattoo removal* dan prosedur yang aman dan efektif untuk menghilangkan tato.

Kirby-Desai Tattoo Removal Scale					
<b>SKIN TYPE</b>					
					
<input type="checkbox"/> 1 point	<input type="checkbox"/> 2 points	<input type="checkbox"/> 3 points	<input type="checkbox"/> 4 points	<input type="checkbox"/> 5 points	<input type="checkbox"/> 6 points
<b>LOCATION</b>					
					
<input type="checkbox"/> 1 point	<input type="checkbox"/> 2 points	<input type="checkbox"/> 3 points	<input type="checkbox"/> 4 points	<input type="checkbox"/> 5 points	
<b>AMOUNT OF INK</b>					
					
<input type="checkbox"/> 1 point	<input type="checkbox"/> 2 points	<input type="checkbox"/> 3 points	<input type="checkbox"/> 4 points		
<b>LAYERING</b>					
					
<input type="checkbox"/> 0 points		<input type="checkbox"/> 2 points			
<b>SCARRING &amp; TISSUE CHANGES</b>					
					<input type="checkbox"/> Note: Pre-existing scar tissue will remain after treatment.
<input type="checkbox"/> 0 points		<input type="checkbox"/> 1 point	<input type="checkbox"/> 3 points	<input type="checkbox"/> 5 points	
<b>COLORS</b>					
					
<input type="checkbox"/> 1 point	<input type="checkbox"/> 2 points	<input type="checkbox"/> 3 points	<input type="checkbox"/> 4 points		
<input type="checkbox"/> Note: Some colors such as blue, green, aqua, purple, pink, orange, brown and yellow may never go away.					
<input type="checkbox"/> Note: White, pink and peach colors may turn dark following treatment.					
<b>Estimated Number of Treatments Required to Achieve Goal:</b>					

Gambar 1.11 Kirby-Desai scale.<sup>25</sup>

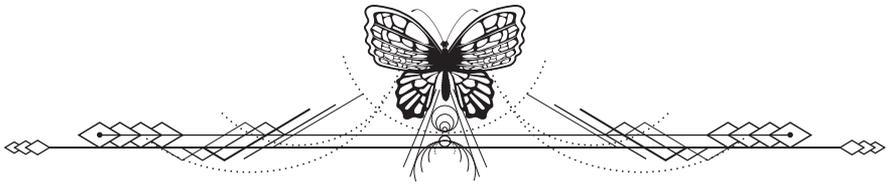
## Referensi

---

1. Eklund, Y., & Rubin, A.T. 2015. Laser *tattoo removal*, precautions, and unwanted effects. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 48:88–96. Available from:<https://doi.org/10.1159/000369191>.
2. Larry, S. Tattoo takeover: Three in ten Americans have tattoos, and most don't stop at just one. *Health & Life. The Harris Poll*. Available from:[http://www.theharrispoll.com/health-and-life/Tattoo\\_Takeover.html](http://www.theharrispoll.com/health-and-life/Tattoo_Takeover.html).
3. Myrna L. Armstrong, Alden E. Roberts; Jerome R. Koch, Jana C. Saunders, Donna C. Owen, R. Rox Anderson. 2008. Motivation for contemporary *tattoo removal* a shift in identity. *Arch Dermatol*, 144(7):879-884.
4. Praharsini, IGAA, Suryawati Nyoman, Indira, IGAA Elis. 2019. Alasan dan Motivasi Penghilangan Tato dengan Laser Q-Switch Nd-Yag, Teknik Kombinasi Laser: Kasus Seri. *Berkala Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin Vol 31, No 2*
5. Kartika M, Aminah Andi Nur. 2018. Islamic Medical Service Upayakan Program Hapus Tato. Available from:<https://www.republika.co.id/berita/dunia-islam/islam-nusantara/18/09/18/pf9ecg384-islamic-medical-service-upayakan-program-hapus-tato-part1>.
6. Mustofa, Ali. 2017. Hijrah Jadi Alasan Hapus Tato, Mau Coba? <https://radarwali.jawapos.com/read/2017/09/18/14118/hijrah-jadi-alasan-hapus-tato-mau-coba>.
7. Khunger, N., Molpariya, A., Khunger, A., 2015. Complications of tattoos and *tattoo removal*: Stop and think before you ink. *J Cutan Aesthet Surg*, 8(1): 30. doi:10.4103/0974-2077.155072.
8. Adatto, M.A., Halachmi, S., Lapidoth, M., 2011. *Tattoo removal*. *Current Problems in Dermatology*, 42, 97–110. doi:10.1159/000328269.
9. Karsai, S., Krieger, G., & Raulin, C. 2009. *Tattoo removal* by non-professionals - medical and forensic considerations. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 24(7):756–762. doi:10.1111/j.1468-3083.2009.03535.x
10. Kent, K.M., Graber, E.M. 2012. Laser *tattoo removal*: A review. *Dermatologic Surgery*, 38: 1-13. doi:10.1111/j.1524-4725.2011.02187.x
11. Naga, L.I., Alster, T.S., 2017. Laser *Tattoo Removal*: An Update. *American Journal of Clinical Dermatology*, 18:59-65 doi:10.1007/s40257-016-0227-z
12. McIlwee, B.E. and Alster, T.S. 2018. Treatment of cosmetic tattoos: A review and case analysis. *Dermatologic Surgery*, 44(12):1565–1570. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000001572>.

13. Ortiz, A.E., Alster, T.S. 2012. Rising concern over cosmetic tattoos. *Dermatol Surg*, 38:424–9. doi: 10.1111/j.1524-4725.2011.02202.x
14. Tamaro, A., Fatuzzo, G., Narcisi, A., Abruzzese, C., Caperchi, C., Gamba, A., Parisella, F.R., and Persechino, S. 2012. Laser removal of tattoos. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 25:536–539. <https://doi.org/10.1177/039463201202500226>
15. Listiawan, M.Y. 2016. Basic Course: Overview Laser in Dermatology. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS).
16. Listiawan, M.Y. 2019. Laser Tissue Interaction. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology.
17. Listiawan, M.Y. 2017. Dasar-Dasar Laser di Bidang Dermatologi. International Conference on Tropical and Clinical Dermatology.
18. Listiawan, M.Y. 2017. Principal Laser and Energy Based Device: Physics, Safety, and Hazards. Workshop Integrating Basic Science and Aesthetic Dermatology Incorporating with IMCAS (International Master Course on Aging Science).
19. Listiawan, M.Y. 2017. LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Konas Perdoski.
20. Allemann, I.B. and Kaufman, J. 2011. Laser principles. *Current Problems in Dermatology* 42, 7–23. doi:10.1159/000328236.
21. Zhang, M., Gong, X., Lin, T., Wu, Q., Ge, Y., Huang, Y. and nGe, L.Y. 2018. A retrospective analysis of the influencing factors and complications of Q-switched lasers in *tattoo removal* in China. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 20(2):71–76. <https://doi.org/10.1080/14764172.2017.1376096>.
22. Hsu, V.M., Aldahan, A.S., Mlacker, S., Shah, V.V. and Nouri, K. 2016. The picosecond laser for *tattoo removal*. *Lasers in Medical Science*, 31:1733–1737. doi:10.1007/s10103-016-1924-9.
23. Gurnani, P., Williams, N., AL-Hetheli, G., Chukwuma, O., Roth, R., Fajardo, F. and Nouri, K. 2020. Comparing the efficacy and safety of laser treatments in *tattoo removal*: a systematic review. *Journal of the American Academy of Dermatology*. doi:10.1016/j.jaad.2020.07.117.
24. Torbeck, R.L. *et al.* 2019. Evolution of the Picosecond Laser:A Review of Literature. *Dermatologic Surgery*, 45:183–194. doi:10.1097/DSS.0000000000001697

25. Kirby, W., Chen, C.L., Desai, A. and Desai, T. 2013. Causes and recommendations for unanticipated ink retention following *tattoo removal* treatment. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 6:27–31.
26. Listiawan, M.Y. 2015. Laser *tattoo removal* in Asian skin. *Dermatologic Laser and Surgery in Asians*.
27. Shah, S. and Alster, T.S. 2010. Laser treatment of dark skin: An updated review. *American Journal of Clinical Dermatology*, 11:389–397. doi:10.2165/11538940-000000000-00000.



# TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER NANOSECOND



## 2.1 PENDAHULUAN

---

Praktik pemakaian tato adalah fenomena sosial budaya yang meningkat yang telah terlihat di berbagai peradaban dan negara.<sup>1</sup> Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah orang yang mendapatkan tato, begitu pula jumlah orang yang ingin tato mereka dihapus.<sup>2</sup> Dari waktu ke waktu, individu yang bertato meminta untuk melakukan tindakan *tattoo removal* dengan berbagai alasan seperti perubahan status sosial, ketidakpuasan terhadap tato, atau masalah kesehatan.<sup>3</sup>

Selama bertahun-tahun, beberapa prosedur perawatan juga telah diterapkan untuk menghilangkan partikel pigmen dari kulit.<sup>3</sup> Prosedur *tattoo removal* telah banyak berkembang dari metode salabrasi, penggunaan bahan kimia kaustik, koagulasi inframerah, elektrokauter, dan *cryotherapy*, tetapi masih menimbulkan masalah berupa timbulnya jaringan parut dan adanya sisa pigmen yang menyebabkan prosedur-prosedur tersebut sudah banyak ditinggalkan.<sup>1</sup>

Munculnya laser membawa opsi baru untuk menghilangkan tato.<sup>4</sup> Laser *Q-switched* dengan domain denyut laser *nanosecond* ( $10^{-9}$ ) dipertimbangkan untuk merevolusi *tattoo removal* dengan metode selektif fototermolisis partikel tato, sekaligus mengurangi efek samping berupa gejala sisa pada kulit normal yang berdekatan.<sup>5</sup> Dengan menggunakan laser *Q-switched*, sinar laser yang selektif diserap dalam partikel pigmen, kemudian gelombang yang pendek dan intens ini menyebabkan efek pemanasan partikel yang luar biasa sehingga

memunculkan gelombang kejut dan memecah partikel pigmen tinta tato di kulit tanpa membuat kerusakan jaringan kulit yang berdekatan.<sup>3</sup>

Laser *nanosecond Q-switched* sampai saat ini masih menjadi perangkat paling efektif untuk menghilangkan tato dan menjadi andalan dalam menghilangkan tato.<sup>3</sup> Sistem laser yang paling sering digunakan dalam *tattoo removal* adalah laser *Q-switched ruby* (694 nm), Nd: YAG (532 dan 1.064 nm), dan *alexandrite* (755 nm).<sup>6</sup> *Tattoo removal* dengan laser *Q-switched* umumnya aman dan efektif, namun masih memberikan masalah berupa banyaknya sesi perawatan yang diperlukan dan masih adanya sisa pigmen tato.<sup>7</sup>

Penggunaan laser *nanosecond* dapat mencapai penghapusan selektif dari setiap pigmen tato dengan risiko jaringan parut dan perubahan pigmen yang minimal.<sup>4</sup> Terlepas dari perkembangan terbaru dalam perawatan laser, kemungkinan terjadinya komplikasi masih tinggi, sehingga mengenali dan menguasai berbagai faktor termasuk jenis kulit, sifat dan warna tato, dan pemilihan parameter laser yang tepat seperti panjang gelombang, *fluence*, dan denyut laser, serta pemahaman dan teknik yang tepat sangat penting dalam mencapai hasil *tattoo removal* yang optimal.<sup>6,8</sup>

## 2.2 LASER NANOSECOND UNTUK TATTOO REMOVAL

---

Penelitian menggunakan metode studi literatur mengenai tata laksana *tattoo removal* menggunakan laser *nanosecond*. Adapun hasil riset yang ditemukan dan ditelaah adalah:

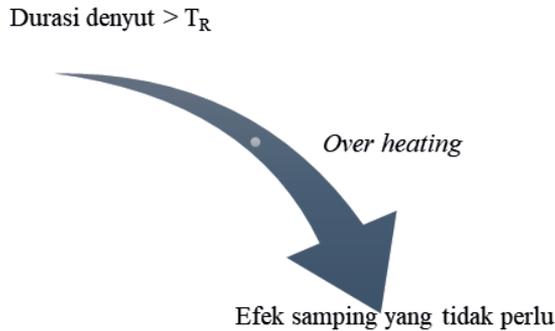
No. Peneliti	Penelitian
1. Williams, N., 2014	Quality-switched laser tattoo removal. <i>Journal of the American Academy of Physician Assistants</i> , 27(6), 53-56.
2. Listiawan, MY., 2015	Laser Tattoo Removal in Asian Skin. <i>Dermatologic Laser and Surgery in Asians 2015</i> .
3. Barua, S., 2015	Laser-tissue interaction in tattoo removal by Q-switched lasers. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 5

No. Peneliti	Penelitian
4. Karsai, S., 2017	Removal of Tattoos by Q-switched Nanosecond Lasers. <i>Current Problems in Dermatology (Switzerland)</i> , 52, 105-112
5. Kossida, T., Rigopoulos, D., Katsambas, A., & Anderson, R. R., 2012	Optimal tattoo removal in a single laser session based on the method of repeated exposures. <i>Journal of the American Academy of Dermatology</i> , 66(2), 271-277.
6. Tammaro, A., Fatuzzo, G., Narcisi, A., Abruzzese, C., Caperchi, C., Gamba, A., Parisella, F.R., and Persechino, S., 2012	Laser removal of tattoos. <i>International Journal of Immunopathology and Pharmacology</i> 25, 536-539
7. Listiawan, MY., 2016	Basic Laser Principle. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS)
8. Listiawan, MY., 2019	Perspektif baru: Laser di Bidang Dermatologi. Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Perdoski Medan
9. Listiawan, MY., 2019	Laser Tissue Interaction. 2 <sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
10. Listiawan, MY., 2018	Laser for Eyebrow Tattoo Removal. <i>Lombok Dermatology Venereology Updates</i>
11. Listiawan, MY., 2018	Basic Laser Dermatology. <i>Asia Derma</i>
12. Kono, T., Chan, H. H. L., Groff, W. F., Imagawa, K., Hanai, U., & Akamatsu, T., 2020	Prospective comparison study of 532/1064 nm picosecond laser vs 532/1064 nm nanosecond laser in the treatment of professional tattoos in asians. <i>Laser Therapy</i> , 29(1), 47-52
13. Darwish Qasem, K., & Fehan Alotaibi, M., 2012	Laser treatment of amateur tattoos in Arabs in Kuwait: Effectiveness and safety. <i>Journal of Dermatological Treatment</i> , 23(2), 140-143
14. Zhang, M., Gong, X., Lin, T., Wu, Q., Ge, Y., Huang, Y., & Ge, L. Y., 2018	A retrospective analysis of the influencing factors and complications of Q-switched lasers in tattoo removal in China. <i>Journal of Cosmetic and Laser Therapy</i> , 20(2), 71-76
15. Listiawan, MY., 2014	Buletin Surabaya Skin Centre Maret 2014

No.	Peneliti	Penelitian
16.	Zhang, M., Huang, Y., Lin, T., & Wu, Q., 2018	Comparison of treatment with an Alexandrite picosecond laser and Nd:YAG nanosecond laser for removing blue-black Chinese eyeliner tattoos. <i>Journal of Cosmetic and Laser Therapy</i> , 20(7-8), 415-418
17.	Shah, S., & Aurangabadkar, S., 2015	Newer trends in laser tattoo removal. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 25.
18.	Reddy, K.K., Brauer, J.A., Anolik, R., Bernstein, L., Brightman, L., Hale, E., Karen, J., Weiss, E., and Geronemus, R.G., 2013	Topical perfluorodecalin resolves immediate whitening reactions and allows rapid effective multiple pass treatment of tattoos. <i>Lasers in Surgery and Medicine</i> 45, 76-80
19.	Gurnani, P., Williams, N., AL-Hetheli, G., Chukwuma, O., Roth, R., Fajardo, F., & Nouri, K., 2020	Comparing the efficacy and safety of laser treatments in tattoo removal: A systematic review. <i>Journal of the American Academy of Dermatology</i> . Mosby Inc

Prosedur *tattoo removal* dengan laser *nanosecond*, dengan durasi denyut  $10^{-9}$  meninggalkan sedikit atau tidak ada jaringan parut atau bekas luka dibandingkan dengan metode *tattoo removal* tradisional, sehingga laser ini menjadi standar emas untuk menghilangkan tato.<sup>9</sup> Laser *nanosecond* dengan teknologi *Q-switched* mampu menghasilkan denyut gelombang cahaya dengan durasi pendek, namun dengan daya puncak yang jauh lebih tinggi daripada yang dapat dicapai dengan keluaran gelombang kontinu.<sup>3</sup> Denyut laser *Q-switched* yang pendek dan intens menyebabkan pemanasan partikel yang sangat cepat dan memunculkan gelombang kejut sehingga partikel tato tinta di kulit pecah tanpa mengganggu jaringan kulit yang berdekatan.<sup>3</sup> Efek termal dari cahaya laser mampu menyebabkan fragmentasi dan penguapan butiran pigmen.<sup>10</sup> Dalam proses fragmentasi, makrofag di dermis berpengaruh besar dalam menghilangkan butiran pigmen dengan memecah partikel pigmen menjadi lebih kecil, sedangkan dalam proses penguapan terdapat transformasi fisik pigmen tato (proses sublimasi).<sup>10</sup>

*Q-switching* mengontrol keluaran cahaya dengan memusatkan semua energi ke dalam ledakan intens atau rangkaian denyut dengan memicu *intracavity losses*.<sup>2</sup> Perangkat laser yang menggabungkan *Q-switching* dapat mencapai fototermolisis



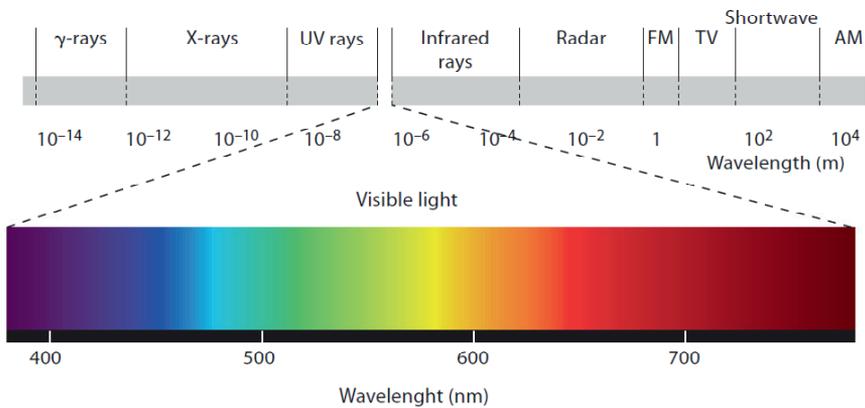
**Gambar 2.1** Teori Fototermolisis.<sup>13</sup>

selektif karena energinya yang tinggi dan durasi denyut yang pendek.<sup>4</sup> Teori fototermolisis selektif menyatakan bahwa energi laser dapat diserap oleh kromofor target yang ditentukan, yang mengarah ke penghancuran selektif, misalnya melanosom atau partikel tinta tato di dalam kulit tanpa kerusakan signifikan pada jaringan sekitarnya, seperti pembuluh darah atau kolagen. Agar konsep ini berlaku, sejumlah prinsip perlu diterapkan, seperti panjang gelombang sinar laser harus sesuai dengan penyerapan maksimum atau terletak dalam spektrum penyerapan kromofor target masing-masing, durasi denyut harus disesuaikan. sama dengan atau lebih pendek dari *Thermal Relaxation Time* (TRT) dari kromofor target (Gambar 2.1), dan kepadatan energi yang dikirim oleh sinar laser, juga disebut sebagai *fluence*, harus cukup tinggi untuk benar-benar menghancurkan kromofor target dalam durasi denyut yang ditentukan.<sup>2,11,12</sup> Jika diameter partikel tinta tato sekitar 0,1 mikrometer, maka TRT sekitar 10 *nanosecond*. Durasi denyut laser yang optimal biasanya hampir sama dengan TRT, sehingga dalam contoh ini, paparan yang sangat cepat dalam hitungan *nanosecond* atau *picosecond* diperlukan untuk menghancurkan partikel tato tanpa merusak jaringan di sekitarnya.<sup>13</sup>

Laser *Q-switched* dengan berbagai panjang gelombang telah dikembangkan dan digunakan dalam praktik untuk menargetkan dan memfasilitasi penghapusan warna tato yang berbeda (Gambar 2.2) pada jenis kulit yang berbeda.<sup>9</sup> Tiga laser QS berdenyut pendek, intensitas tinggi, dan memiliki pigmen selektif yang banyak digunakan saat ini untuk menghilangkan tato adalah laser *Q-switched ruby* memancarkan cahaya pada panjang gelombang 694 nm, laser *Q-switched alexandrite* memiliki panjang gelombang 755 nm, dan laser *Q-switched Nd: YAG* dengan panjang gelombang 1064 nm serta frekuensinya dapat digandakan

**Tabel 2.1** Pigmen tato yang umum digunakan

Warna Tato	Pigmen yang digunakan
Hitam	Karbon, iron oxide, logwood (ekstrak dari <i>Haematoxylon campechianum</i> )
Biru	Azure, cobalt blue
Coklat	Ochre
Ungu	Manganese ammonium pyrophosphate, quinacridone
Hijau	Chromium oxide (casalis green), malachite green, lead chromate, ferro-ferric cyanide, curcumin green
Merah	Merkuri sulfida (cinnabar), kadmium selenide (cadmium merah)
Kuning	Kadmium sulfida (kadmium kuning), kurkumin kuning, ochre
Putih	Titanium dioksida, zinc oxide



**Gambar 2.2** Spektrum dan Panjang Gelombang Laser.<sup>14</sup>

menjadi 532 nm dengan melewati sinar laser melalui kristal *Kalium Titanyl Phosphate* (KTP).<sup>4</sup> Penyerapan cahaya yang kuat oleh melanin pada beberapa panjang gelombang ini membuat laser menjadi modalitas perawatan yang sangat baik untuk lesi berpigmen superfisial.<sup>14</sup>

Laser dalam dunia medis dan dermatologi menghasilkan sinar pada spektrum *visible* (400-760 nm), *near-infrared* (760-1400 nm), *mid-infrared* (1,4-3  $\mu\text{m}$ ), *infrared* (>3  $\mu\text{m}$ ), dan sangat jarang pada kisaran UV (200-400 nm) seperti yang tampak pada Gambar 2.3.<sup>14</sup> Sinar laser pada spektrum *visible* menghasilkan warna yang dapat dilihat secara kasat mata, sesuai dengan panjang gelombangnya.<sup>15</sup> Dalam *tattoo removal*, panjang gelombang dipilih untuk memaksimalkan penyerapan oleh kromofor pigmen tato (Tabel 2.1) dan untuk memaksimalkan

**Tabel 2.2** Tinjauan Umum Laser *Q-switched* dan Respons Warna Tato yang Umum Digunakan.<sup>6</sup>

Warna	Ruby (694 nm)	Alexandrite (755 nm)	Nd:YAG (532 nm)	Nd:YAG (1,064 nm)
Hitam	+++	+++	-	+++
Biru	+++	+++	-	+++
Coklat	+	+	+	+
Violet	+	-	-	-
Merah	-	-	+++	-
Oranye	-	-	++	-
Kuning	-	-	+	-
Hijau	+++	+++	-	-

- = tidak ada respons; + = respons sedang; ++ = respons baik; +++ = respons sangat baik

kedalaman penetrasi laser.<sup>16</sup> Sebagai contoh, tato pigmen merah menyerap cahaya hijau, sehingga laser spektrum hijau (532 nm) lebih baik digunakan, sedangkan tato berpigmen hijau menyerap warna merah, sehingga laser spektrum merah (694 nm) digunakan untuk pigmen tato ini.<sup>14</sup>

Laser *Q-switched* memiliki respon yang baik dalam *tattoo removal* dengan warna monokrom.<sup>10</sup> Tamaro, *et al.* mengungkapkan bahwa dengan menggunakan laser *Q-switched* Nd: YAG untuk menghilangkan tato monokrom (hitam-biru) profesional terjadi *tattoo removal* secara lengkap setelah 5-10 sesi perawatan.<sup>10</sup> Untuk pigmen tato warna lain, Darwish Qasem dan Fehan Alotaibi melaporkan penggunaan laser *alexandrite Q-switched* pada tato amatir jenis kulit Fitzpatrick tipe V dengan tato berwarna hijau-hitam tua, menghasilkan *tattoo removal* yang lengkap pada semua pasien setelah rata-rata enam sesi, meski dengan insidens perubahan pigmen yang tinggi, yaitu adanya hiperpigmentasi dan hipopigmentasi yang sembuh secara spontan setelah rata-rata 11 bulan.<sup>17</sup> Berdasarkan kajian oleh Listiawan, M.Y., komplikasi lebih mudah terjadi pada kulit berwarna gelap sehingga *multiple passes, fluence* yang terlalu tinggi, dan *spot size* yang terlalu kecil sebaiknya dihindari.<sup>2</sup>

Penggunaan laser *Q-switched* pada jenis kulit Fitzpatrick III dan IV dilaporkan oleh Zhang, *et al.* dengan menggunakan jenis laser sesuai warna pigmen tato pada 266 pasien, memberikan hasil *tattoo removal* yang memuaskan pada 71,05% kasus, dengan jumlah median sesi pengobatan adalah 3 (dalam kisaran,

1-15).<sup>18</sup> Selain itu, *tattoo removal* yang sangat baik pada tato dengan usia kurang dari 1 tahun mencapai 56,3%, sedangkan pada tato yang berusia lebih dari 10 tahun tercapai 90,5% kasus mengalami *tattoo removal* yang memuaskan.<sup>18</sup> Hal ini didasarkan teori bahwa partikel tinta yang berada di kulit mungkin secara perlahan telah difagositosis oleh makrofag dan terbawa oleh limfosit, sehingga tato yang usianya sudah lama menjadi lebih buram karena hanya memiliki sedikit partikel tinta sisa yang lebih mudah dihilangkan dengan laser.<sup>18</sup>



**Gambar 2.3** Tato amatir pada wajah diberikan terapi laser *nanosecond* 1064 nm.<sup>15</sup>



**Gambar 2.4** Tato profesional berwarna hitam dan merah pada leher terapi dengan laser *nanosecond* 1064 nm dan 532 nm.<sup>15</sup>

Berdasarkan laporan kasus oleh Listiawan, M.Y. seperti pada Gambar 2.3, pasien dengan tipe Fitzpatrick V memiliki tato di wajah dengan Kirby-Desai *scale* 10 dilakukan perawatan menggunakan laser *nanosecond* 1064 nm, dimulai dengan *spot size* 8 mm dan *fluence* 3 J/cm<sup>2</sup> hingga terjadi *frosting* mengalami *tattoo removal* setelah 8 kali perawatan dengan jeda waktu 6 minggu.<sup>15</sup> Pada Gambar 2.4, pasien dengan tipe Fitzpatrick III memiliki tato amatir berwarna hitam dan merah di leher dengan Kirby-Desai *scale* 10, dilakukan perawatan menggunakan laser *nanosecond* 1064 nm untuk warna hitam dan 532 nm untuk warna merah dimulai dengan *spot size* 8 mm dan *fluence* 3 J/m<sup>2</sup> hingga terjadi *frosting*, didapatkan *tattoo removal* setelah 8 kali perawatan, namun untuk tato warna merah lebih sulit untuk dihilangkan.<sup>15</sup>

Teknik terkini dalam *tattoo removal* dengan laser mengutamakan berkurangnya jumlah total sesi yang dibutuhkan, mempersingkat total durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pembersihan tato, dan meminimalkan efek samping.<sup>21</sup> Terdapat 2 teknik modifikasi yang dilakukan, yaitu teknik R20 dan teknik R0. Teknik R20 melibatkan 4 kali sesi perawatan *tattoo removal* yang berturut-turut dengan interval tiap sesi 20 menit. *Immediate whitening* adalah reaksi umum terhadap perawatan laser *Q-switched* karena gelembung gas terbentuk dan dapat menghambat penetrasi laser<sup>2</sup>. Reaksi pemutihan segera



**Gambar 2.5** Pembentukan *frosting* setelah penggunaan laser *Q-Switched*.<sup>19</sup>

memudar selama sekitar 20 menit, karena gelembung gas larut.<sup>7</sup> *Frosting* yang terjadi mencegah penetrasi sinar laser lebih lanjut ke dalam dermis, namun setelah beberapa saat *frosting* biasanya mereda dan laser dapat menembus jaringan kulit kembali.<sup>21</sup> *Frosting* yang diamati setelah sesi pertama mungkin tidak terlihat jelas selama lintasan berikutnya, tetapi disarankan untuk tetap menunggu selama 20 menit untuk sesi berikutnya karena mungkin ada pembentukan uap intraseluler.<sup>7</sup> Mekanisme yang memengaruhi masih tidak diketahui, namun diasumsikan bahwa penggunaan laser setelah penurunan *frosting* akan dapat menembus lebih dalam ke dermis sehingga dapat menargetkan lebih banyak tinta tato dan memecah partikel tinta menjadi potongan-potongan kecil sehingga memungkinkan pembersihan tinta lebih cepat oleh makrofag.<sup>21</sup>

Teknik berikutnya disebut R0, melibatkan penggunaan senyawa *fluorocarbon perfluorodecalin* (PFD), yang diaplikasikan di area *frost*, PFD menyerap gas yang dilepaskan dan membersihkan *frosting* dalam 5-30 detik sehingga sesi laser berikutnya dapat diberikan segera tanpa menunggu selama 20 menit.<sup>2,7,22,21</sup> PFD adalah perfluorokarbon cair, senyawa *inert* yang tidak berwarna dengan tegangan permukaan rendah dan tidak larut dalam darah dan air, serta memiliki kelarutan gas dan kejernihan optik yang tinggi sehingga dapat melakukan absorpsi gas pada *frosting*.<sup>21</sup> Pengamatan menggunakan *Optical Coherence Tomography* (OCT) memperlihatkan adanya perbedaan ukuran dan komposisi gelembung dengan penggunaan PFD menjelaskan pengamatan PFD mengatasi *immediate whitening* dan mungkin memungkinkan transmisi cahaya dalam beberapa detik setelah aplikasinya, menghasilkan pemudaran tato beberapa sesi yang efektif bahkan ketika gelembung gambar OCT bertahan hingga 10 menit setelah aplikasi PFD. Selain pembersihan gelembung mikro yang membatasi penetrasi cahaya, kejernihan optik memiliki sifat perfluorocarbon juga dapat secara independen meningkatkan penetrasi optik cahaya pada kulit yang diobati dengan PFD.

Di masa modern ini, durasi terapi yang lebih singkat dengan tingkat keberhasilan yang tinggi, dan efek samping yang minimal sangat diperlukan dalam praktik klinis. Berdasarkan studi sebelumnya, terdapat ruang untuk uji coba lebih lanjut mengenai perbandingan R20 dengan metode R0, dan lebih lanjut, teknik ini harus dinilai dengan modalitas laser lainnya, seperti laser *pico-second*.<sup>23</sup> Penggunaan teknik ini dan pengembangan tinta tato yang lebih aman akan dapat membuka jalan untuk *tattoo removal* yang lebih efisien dan efektif di masa depan.<sup>21</sup>

## 2.3 KESIMPULAN

---

Laser *Q-switched* yang beroperasi berdasarkan prinsip fototermolisis selektif menyediakan teknik *tattoo removal* yang mencapai pengangkatan selektif setiap pigmen tato dengan risiko jaringan parut dan perubahan pigmen yang minimal. Dengan tujuan untuk meningkatkan hasil dan meningkatkan kecepatan *tattoo removal*, teknik yang lebih baru dan telah dimodifikasi tampaknya memberikan hasil yang memuaskan. Selain itu, evolusi dalam teknologi dengan ketersediaan laser *picosecond* secara komersial telah membuka pintu untuk menargetkan pigmen tato yang hingga saat ini sulit dalam penanganannya.

## 2.4 TINDAK LANJUT

---

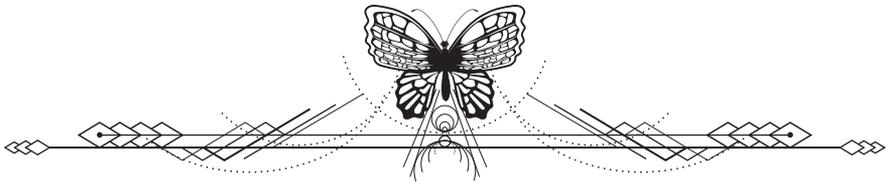
Penelitian yang bergerak dengan kemajuan teknologi dan pengembangan teknik modifikasi yang digunakan dalam *tattoo removal* dengan laser seperti metode R0 dan R20, serta pengembangan laser *picosecond* harus dikembangkan untuk memberikan hasil terapi penghapusan tato yang lebih efektif dan efisien di masa yang akan datang.

## Referensi

---

1. Sardana, K., Ranjan, R., & Ghunawat, S. 2015. Optimising laser *tattoo removal*. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):16. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155068>.
2. Listiawan, M.Y. 2015. Laser *tattoo removal* in Asian skin. *Dermatologic Laser and Surgery in Asians*.
3. Bäumlér, W., & Weiß, K. T. 2019. Laser assisted *tattoo removal*-state of the art and new developments. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 18(2):349–358. <https://doi.org/10.1039/c8pp00416a>.
4. Barua, S. 2015. Laser-tissue interaction in *tattoo removal* by Q-switched lasers. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):5. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155063>.
5. Adatto, M.A., Amir, R., Bhawalkar, J., Sierra, R., Bankowski, R., Rozen, D., Dierickx, C., and Lapidoth, M. 2017. New and Advanced *Picosecond* Lasers for *Tattoo Removal*. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)* 52:113–123. doi:10.1159/000450812.
6. Karsai, S. 2017. Removal of Tattoos by Q-switched *Nanosecond* Lasers. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 52:105–112. <https://doi.org/10.1159/000450811>.
7. Kossida, T., Rigopoulos, D., Katsambas, A. and Anderson, R.R. 2012. Optimal *tattoo removal* in a single laser session based on the method of repeated exposures. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 66(2):271–277. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.07.024>.
8. Kurniadi, I., Tabri, F., Madjid, A., Anwar, A.I. and Widita, W. 2020. Laser *Tattoo Removal*: Fundamental Principles and Practical Approach. *Dermatologic Therapy*. <https://doi.org/10.1111/dth.14418>
9. Williams, N. 2014. Quality-switched laser *tattoo removal*. *Journal of the American Academy of Physician Assistants*, 27(6):53–56. doi:10.1097/01.jaa.0000447001.04339.b0.
10. Tammaro, A., Fatuzzo, G., Narcisi, A., Abruzzese, C., Caperchi, C., Gamba, A., Parisella, F.R., and Persechino, S. 2012. Laser removal of tattoos. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology* 25: 536–539. <https://doi.org/10.1177/039463201202500226>.
11. Listiawan, M.Y. 2016. Basic Laser Principle. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS).

12. Listiawan, M.Y. 2019. Perspektif baru: Laser di Bidang Dermatologi. Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Perdoski Medan.
13. Listiawan, M.Y. 2019. Laser Tissue Interaction. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology.
14. Listiawan, M.Y. 2018. Laser for Eyebrow *Tattoo Removal*. Lombok Dermatology Venereology Updates.
15. Listiawan, M.Y. 2018. Basic Laser Dermatology. Asia Derma.
16. Kono, T., Chan, H.H.L., Groff, W.F., Imagawa, K., Hanai, U. and Akamatsu, T. 2020. Prospective comparison study of 532/1064 nm *picosecond* laser vs 532/1064 nm *nanosecond* laser in the treatment of professional tattoos in asians. *Laser Therapy*, 29(1):47–52. <https://doi.org/10.5978/islm.20-OR-07>.
17. Kholoud, D.Q., Alotaibi, M.F. 2012. Laser treatment of amateur tattoos in Arabs in Kuwait: Effectiveness and safety. *Journal of Dermatological Treatment*, 23(2):140–143. <https://doi.org/10.3109/09546634.2010.496444>.
18. Zhang, M., Gong, X., Lin, T., Wu, Q., Ge, Y., Huang, Y. and Ge, L.Y. 2018. A retrospective analysis of the influencing factors and complications of *Q-switched* lasers in *tattoo removal* in China. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 20(2):71–76. <https://doi.org/10.1080/14764172.2017.1376096>.
19. Listiawan, M.Y. 2014. Buletin Surabaya Skin Centre Maret 2014.
20. Zhang, M., Huang, Y., Lin, T. and Wu, Q. 2018. Comparison of treatment with an Alexandrite *picosecond* laser and Nd:YAG *nanosecond* laser for removing blue–black Chinese eyeliner tattoos. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 20(7–8):415–418. <https://doi.org/10.1080/14764172.2018.1444773>.
21. Shah, S. and Aurangabadkar, S. 2015. Newer trends in laser *tattoo removal*. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):25. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155070>.
22. Reddy, K.K., Brauer, J.A., Anolik, R., Bernstein, L., Brightman, L., Hale, E., Karen, J., Weiss, E., and Geronemus, R.G. 2013. Topical perfluorodecalin resolves immediate whitening reactions and allows rapid effective multiple pass treatment of tattoos. *Lasers in Surgery and Medicine*, 45:76–80 doi:10.1002/lsm.22106.
23. Gurnani, P., Williams, N., AL-Hetheli, G., Chukwuma, O., Roth, R., Fajardo, F., & Nouri, K. 2020. Comparing the efficacy and safety of laser treatments in *tattoo removal*: A systematic review. *Journal of the American Academy of Dermatology*. Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.07.117>. 24.



# TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER *PICOSECOND*



## 3.1 PENDAHULUAN

---

Dari waktu ke waktu dengan meningkatnya penggunaan tato, pemakai tato meminta untuk melakukan prosedur untuk menghilangkan tato dengan berbagai alasan seperti perubahan status sosial, ketidakpuasan dengan tato atau masalah medis.<sup>1</sup> Prosedur untuk menghilangkan tato telah jauh berkembang dan saat ini penggunaan laser merupakan prosedur yang paling banyak digunakan. Secara umum, laser yang digunakan dalam bidang bedah dermatologis dapat diklasifikasikan sebagai laser berdenyut panjang (dengan durasi denyut dalam *microsecond* hingga rentang *milisecond*) atau laser berdenyut pendek (dengan durasi denyut dalam kisaran *nanosecond* hingga *picosecond*).<sup>2</sup> Tahun 2012, *United State Food and Drug Administration* (FDA) menyetujui laser komersial *picosecond* pertama, laser *alexandrite* 755 nm untuk pengobatan tato yang tidak diinginkan dan lesi berpigmen.<sup>3</sup> Dengan demikian, laser *picosecond* yang memiliki durasi denyut  $10^{-12}$  detik menjadi jenis laser terbaru yang cepat dan efektif untuk menghilangkan tato.<sup>4</sup>

Proses untuk menghilangkan tato dengan laser melibatkan penargetan optimal partikel untuk mengarah ke fragmentasi partikel, yang dicapai dengan durasi denyut pada atau lebih rendah dari waktu relaksasi termal partikel dan pada panjang gelombang yang diserap oleh partikel.<sup>5</sup> Durasi denyut yang dimiliki oleh laser *picosecond* jauh lebih kecil dari waktu relaksasi termal dari partikel pigmen tato (<10 nanodetik), yang dapat menyebabkan pemanasan

kromofor yang lebih cepat dengan kerusakan termal sekitar yang minimal.<sup>1</sup> Selain itu, penggunaan laser *picosecond* yang memiliki durasi denyut pendek akan meningkatkan intensitas cahaya laser, sehingga dianggap meningkatkan efikasi fragmentasi, khususnya dengan melibatkan berbagai efek non-linier.<sup>1</sup>

Namun, perawatan dengan menggunakan laser pada kulit berwarna dapat menyebabkan efek samping yang tidak diinginkan, seperti hipopigmentasi atau hiperpigmentasi pasca inflamasi atau bahkan jaringan parut.<sup>6</sup> Karena potensi komplikasi ini, perawatan laser biasanya tidak efektif atau dihindari sama sekali, sehingga pasien tidak memiliki pilihan perawatan yang memadai.<sup>6</sup> Bahkan dengan munculnya teknologi laser baru, menghilangkan tato secara lengkap akan tetap sulit karena dipengaruhi berbagai hal, seperti karakteristik tinta tato, jenis kulit pasien, dan usia pemakaian tato.<sup>7</sup> Dengan adanya teknologi baru, beberapa perawatan tetap diperlukan, dan warna tertentu mungkin tidak merespons sama sekali. Selain itu, ada risiko beberapa tato menjadi warna gelap yang terjadi sebagai akibat dari reaksi kimia setelah perawatan laser, sehingga membuat tindakan *tattoo removal* sangat sulit dan memerlukan waktu.<sup>8</sup>

### 3.2 LASER PICOSECOND UNTUK TATTOO REMOVAL

---

Penelitian menggunakan metode studi literatur mengenai tatalaksana *tattoo removal* menggunakan laser *picosecond*. Adapun hasil riset yang ditemukan dan ditelaah adalah:

No	Peneliti	Penelitian
1.	Wu, D. C., Goldman, M. P., Wat, H., & Chan, H. H. L., 2020	A Systematic Review of Picosecond Laser in Dermatology: Evidence and Recommendations. Lasers in Surgery and Medicine. John Wiley and Sons Inc
2.	Alegre-Sanchez, A., Jiménez-Gómez, N., Moreno-Arrones, Ó. M., Fonda-Pascual, P., Pérez-García, B., Jaén-Olasolo, P., & Boixeda, P., 2018	Treatment of flat and elevated pigmented disorders with a 755-nm alexandrite picosecond laser: clinical and histological evaluation. Lasers in Medical Science

No	Peneliti	Penelitian
3.	Torbeck, R., Bankowski, R., Henize, S., & Saedi, N., 2016	Lasers in tattoo and pigmentation control: Role of the PicoSure® laser system. <i>Medical Devices: Evidence and Research</i> . Dove Medical Press Ltd
4.	Adatto, M.A., Amir, R., Bhawalkar, J., Sierra, R., Bankowski, R., Rozen, D., Dierickx, C., and Lapidoth, M., 2017	New and Advanced Picosecond Lasers for <i>Tattoo Removal</i> . <i>Current Problems in Dermatology (Switzerland)</i> 52, 113–123
5.	Listiawan, MY., 2019	Perspektif baru: Laser di Bidang Dermatologi. <i>Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Perdoski Medan</i>
6.	Listiawan, MY., 2016.	Basic Course: Overview Laser in Dermatology. <i>Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS)</i>
7.	Listiawan, MY., 2016.	Basic Laser Principle. <i>Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS)</i>
8.	Listiawan, MY., 2015	Laser <i>Tattoo Removal</i> in Asian Skin. <i>Dermatologic Laser and Surgery in Asians</i> .
9.	Bäumler, W., & Weiß, K. T., 2019	Laser assisted <i>tattoo removal</i> -state of the art and new developments. <i>Photochemical and Photobiological Sciences</i> , 18(2), 349–358.
10	Torbeck, R. L., Schilling, L., Khorasani, H., Dover, J. S., Arndt, K. A., & Saedi, N., 2019	Evolution of the Picosecond Laser. <i>Dermatologic Surgery</i> , 45(2), 183–194
11.	Choi, M. S., Seo, H. S., Kim, J. G., Choe, S. J., Park, B. C., Kim, M. H., & Hong, S. P., 2018	Effects of picosecond laser on the multicolored <i>tattoo removal</i> using Hartley guinea pig: A preliminary study. <i>PLoS ONE</i> , 13(9).
12.	Kasai, K., 2017	Picosecond laser treatment for tattoos and benign cutaneous pigmented lesions (Secondary publication). <i>Laser Therapy</i> . Japan Medical Laser Laboratory

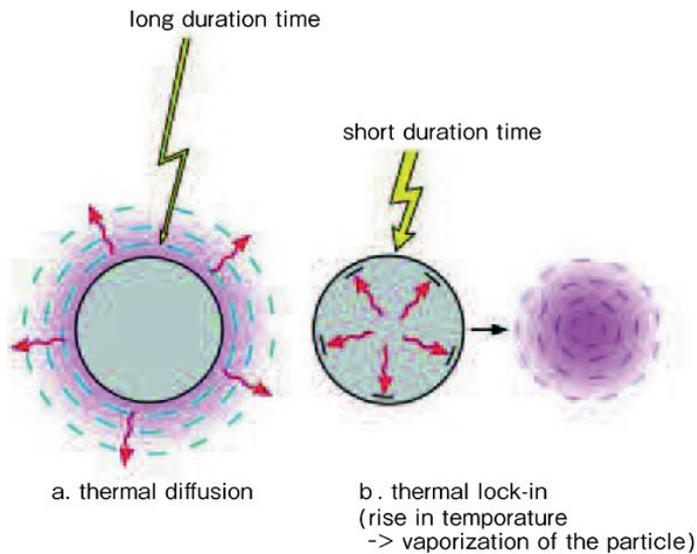
No	Peneliti	Penelitian
13.	Reiter, O., Atzmony, L., Akerman, L., Levi, A., Kershenovich, R., Lapidoth, M., & Mimouni, D., 2016	Picosecond lasers for <i>tattoo removal</i> : a systematic review. <i>Lasers in Medical Science</i> , 31(7), 1397-1405
14	Hsu, V.M., Aldahan, A.S., Mlacker, S., Shah, V.V., and Nouri, K., 2016	The picosecond laser for <i>tattoo removal</i> . <i>Lasers in Medical Science</i> 31, 1733-1737
15	Alabdulrazzaq, H., Brauer, J. A., Bae, Y. S., & Geronemus, R. G., 2015	Clearance of yellow tattoo ink with a novel 532-nm picosecond laser. <i>Lasers in Surgery and Medicine</i> , 47(4), 285-288
16	Bernstein, E. F., Bhawalkar, J., & Schomacker, K. T., 2018	A novel titanium sapphire picosecond-domain laser safely and effectively removes purple, blue, and green tattoo inks. <i>Lasers in Surgery and Medicine</i> , 50(7), 704-710
17	Kono, T., Chan, H. H. L., Groff, W. F., Imagawa, K., Hanai, U., & Akamatsu, T., 2020	Prospective comparison study of 532/1064 nm picosecond laser vs 532/1064 nm nanosecond laser in the treatment of professional tattoos in asians. <i>Laser Therapy</i> , 29(1), 47-52
18	Listiawan, MY., 2019	Laser Tissue Interaction. 2 <sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
19.	Brauer, Jeremy A., Kavitha K. Reddy, Robert Anolik, Elliot T. Weiss, Julie K. Karen, Elizabeth K. Hale, Lori A. Brightman, Leonard Bernstein, and Roy G. Geronemus, 2012	Successful and rapid treatment of blue and green tattoo pigment with a novel picosecond laser. <i>Arch Dermatol</i> 148(7):820- 823

Selama bertahun-tahun, standar perawatan untuk menghilangkan tato adalah laser *Q-switched* dengan durasi denyut *nanosecond*.<sup>2</sup> Namun beberapa tahun terakhir, laser generasi baru dengan *pulse* yang lebih pendek, dalam kisaran *picosecond*, telah dikembangkan dengan tujuan target yang lebih optimal yaitu kromofor berpigmen, seperti pada tinta tato.<sup>9</sup> Literatur yang ada saat ini menunjukkan bahwa laser *picosecond* mungkin merupakan terapi yang lebih

efektif.<sup>2</sup> Laser *picosecond*, dengan durasi  $10^{-12}$  detik dianggap sebagai jenis laser yang cepat dan efektif untuk menghilangkan tato karena laser *picosecond* memiliki durasi *pulse* yang kira-kira 100 kali lebih pendek dari laser *Q-switched nanosecond* tradisional dan lebih cocok dengan *Stress Relaxation Time* (SRT) partikel tinta tato.<sup>3</sup> Gangguan fotomekanik yang terjadi pada durasi denyut *picosecond* ini sangat besar sehingga memungkinkan untuk memecah pigmen tinta tato yang kurang terserap dengan panjang gelombang laser yang tersedia secara komersial, sehingga memungkinkan untuk menghilangkan tato dengan warna yang sulit dihilangkan, seperti biru, hijau, ungu, oranye, dan kuning.<sup>10</sup>

Berdasarkan teori selektif fototermolisis, laser diharapkan dapat melakukan kerusakan sel target secara termal dan kerusakan sel non target atau daerah sekitar secara minimal.<sup>11</sup> Dalam konsepnya, laser dapat menghancurkan jaringan secara selektif, misalnya melanosom atau partikel tinta tato di dalam kulit, tanpa merusak jaringan di sekitarnya, seperti pembuluh atau kolagen.<sup>12</sup> Agar konsep ini dapat berlaku, sejumlah prinsip perlu diterapkan, yaitu panjang gelombang sinar laser harus sesuai dengan penyerapan maksimum atau berada dalam spektrum absorpsi dari masing-masing target kromofor, durasi *pulse* harus sama dengan atau lebih pendek dari waktu relaksasi termal (*thermal relaxation time*/TRT) dari kromofor target, dan *fluence* atau paparan pemancar sinar laser, harus cukup tinggi untuk benar-benar menghancurkan target kromofor dalam durasi *pulse* yang ditentukan.<sup>13,14</sup>

Durasi denyut laser harus kurang atau sama dengan ukuran *nanosecond*, karena durasi denyut yang singkat memungkinkan intensitas sinar laser yang sangat tinggi sehingga terjadi pemanasan lebih cepat dari partikel tato untuk fragmentasi partikel.<sup>1</sup> Sampai saat ini, laser *Q-switched nanosecond* menjadi laser yang bermanfaat untuk menghilangkan dan mengobati lesi berpigmen dengan memanfaatkan konsep fototermolisis selektif untuk menargetkan pigmen tato dan juga memiliki efek fotoakustik dan fotomekanis untuk membantu memecah partikel pigmen yang ditargetkan.<sup>15</sup> Partikel pigmen tato yang ditargetkan perlu mempertimbangkan TRT, waktu yang dibutuhkan kromofor yang dipanaskan untuk menghilangkan setengah dari panas yang diserap ke jaringan sekitarnya.<sup>13</sup> Oleh karena itu, durasi denyut yang lebih pendek mempercepat gangguan kromofor target oleh sinar laser sekaligus mengurangi risiko cedera termal pada jaringan sekitarnya.<sup>16</sup> Namun, rentang durasi denyut laser *nanosecond* masih terlalu lama untuk memecah tinta tato sepenuhnya menjadi partikel yang lebih

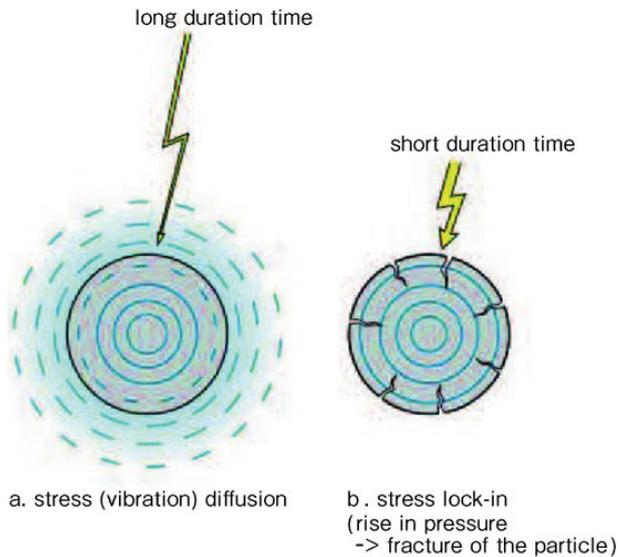


**Gambar 3.1** Mekanisme *thermal lock-in* (*Thermal Relaxation Time*).<sup>17</sup>

kecil yang disebabkan oleh TRT dari sebagian besar pigmen tato berada dalam kisaran *picosecond* karena ukuran partikel tato berkisar antara 40–300 nm.<sup>16</sup>

Pada saat yang sama, faktor penting lain yang disebut *stress lock-in* (Gambar 3.1) juga harus dipertimbangkan. Ketika partikel tertentu dipanaskan, ekspansi termal partikel terjadi dengan difusi ke jaringan sekitarnya sebagai getaran yang disebut difusi tegangan. Namun, ketika sebuah partikel dipanaskan dalam waktu yang sangat singkat, tegangan yang dihasilkan di dalam partikel tidak memiliki cukup waktu untuk berdifusi dan *stress lock-in* tercapai, dan jika tegangan yang dihasilkan cukup tinggi, partikel akan rusak (Gambar 3.2).<sup>17</sup> Waktu yang dibutuhkan untuk partikel mengalami penguncian tegangan atau disebut sebagai *Stress Relaxation Time* (SRT), untuk pigmen tato dianggap sedikit lebih pendek dari 1 *nanosecond*, sehingga *stress lock-in* tidak tercapai pada laser *nano-second* karena durasi denyut laser lebih lama daripada SRT pigmen tato.<sup>17</sup>

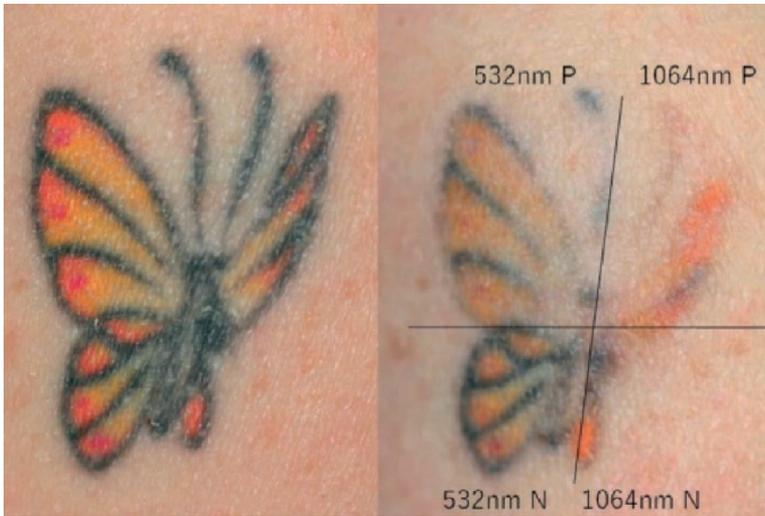
Penggunaan laser *picosecond* dianggap melibatkan lebih banyak mekanisme fotoakustik daripada mekanisme fototermal dalam menghancurkan partikel pigmen sehingga penghancuran partikel lebih efisien karena tidak rentan dengan absorpsi sesuai spektrum pigmen tato masing-masing.<sup>1</sup> Penggunaan laser *picosecond* berdasarkan teori *inertial confinement*, ketika sinar laser *picosecond* menghasilkan gelombang akustik yang kuat di dalam partikel berpigmen, yang



**Gambar 3.2** Mekanisme *stress lock-in* (*Stress Relaxation Time*).<sup>17</sup>

menyebabkan pecahnya partikel tersebut.<sup>18</sup> Dalam teori tersebut, berlaku *Inertial Confinement Time* (ICT), yaitu waktu yang diperlukan gelombang tekanan untuk menuju ke struktur sasaran. Konsep *inertial confinement* mirip dengan *thermal confinement* tetapi lebih melibatkan tekanan daripada suhu. Misalnya, untuk partikel tato dengan diameter 0,1  $\mu\text{m}$  ( $10^{-7}$  m), ICT-nya adalah  $10^{-10}$  detik, atau 100 ps.<sup>18</sup> Ketika denyut laser kurang dari ICT, target mengalami tekanan mekanis yang ekstrem, sehingga partikel tinta tato akan rusak.<sup>18</sup> Penggunaan laser *pico-second* terbukti efektif terutama untuk tato tinta hitam dan biru dalam mencapai lebih dari 70% dan 90–100% pembersihan pigmen tato.<sup>19</sup> Denyut lebih pendek yang dipancarkan oleh laser *pico-second* hanya menyebabkan kerusakan kolateral minimal pada epidermis di sekitarnya.<sup>20</sup>

Penggunaan laser *pico-second* memberikan perkembangan yang signifikan dalam pengelolaan *tattoo removal*, salah satunya dalam hal sesi perawatan yang dibutuhkan lebih sedikit secara keseluruhan dibandingkan perawatan dengan laser *Q-switched*.<sup>10</sup> Brauer, *et al.* melaporkan kesuksesan *tattoo removal* warna hijau dan atau biru yang sebelumnya tidak dirawat dan beberapa memiliki pigmen sisa setelah setidaknya 10 kali perawatan, mengalami keberhasilan penghapusan antara 75% dan 100% setelah 1 atau 2 perawatan dengan laser *pico-second alexandrite 755-nm*.<sup>7</sup> Sedangkan Alabdulrazzaq, *et al.* melaporkan



**Gambar 3.3** Tato dengan beberapa warna diberikan terapi laser *picosecond* dan *nanosecond*.<sup>22</sup>

sebuah serial kasus dengan 6 subjek pengguna tato dengan beberapa warna yang mengandung pigmen kuning mengalami *tattoo removal* yang sempurna setelah satu sesi dan lima subjek membutuhkan 2-4 perawatan untuk mencapai pembersihan lebih dari 75% menggunakan laser *picosecond* Nd: YAG 532-nm *frequency-doubled* pada interval 6-8 minggu tanpa jaringan parut atau perubahan tekstur kulit dari lokasi tubuh yang dirawat.<sup>21</sup>

Studi yang membandingkan antara penggunaan laser *picosecond* dan *nanosecond* mengamati bahwa laser *picosecond* 532/1064 nm lebih efektif daripada laser *nanosecond* 532/1064 nm dalam perawatan tato multiwarna di Asia (Gambar 3.3).<sup>22</sup> Pasien wanita 44 tahun dengan tato berwarna hitam, kuning dan merah di lengan kiri atas, diberikan terapi laser *picosecond* di kiri atas dengan panjang gelombang 532 nm, kanan atas dengan laser *picosecond* 1064 nm, kiri bawah dengan laser *nanosecond* 532 nm, kanan bawah dengan laser *nanosecond* 1064 nm.<sup>22</sup> Laser Nd: laser YAG dengan panjang gelombang *picosecond* dan *nanosecond* menunjukkan hasil penghapusan pigmen tato setelah satu perawatan (Gambar 3.3(b)). Penghapusan pigmen tato terlihat paling signifikan di area yang dirawat dengan laser *picosecond*, untuk pigmen tato berwarna merah dan kuning terlihat penghapusan pigmen tato dengan menggunakan laser *picosecond* 532 nm.<sup>22</sup>

Masih ada beberapa masalah yang harus dipertimbangkan dalam penggunaan laser *picosecond* untuk menghilangkan tato. Pertama, lebar denyut yang paling cocok untuk menghilangkan jenis tato tertentu. Berdasarkan pengalaman klinis, penggunaan *picosecond* 550 ps lebih cocok untuk *tattoo removal* daripada laser 750 ps pada umumnya, meski beberapa kasus menunjukkan hasil sebaliknya<sup>17</sup>. Kedua, laser *picosecond* bergantung pada reaksi fotoakustik untuk efek terapeutiknya, sehingga *tattoo removal* tidak bergantung pada pigmen tato, namun dalam praktiknya meskipun ketergantungan warna lebih kecil dari laser *nanosecond*, ketergantungan warna masih ada.<sup>17</sup> Oleh karena itu, panjang gelombang laser masih perlu dicocokkan dengan spektrum penyerapan warna partikel tato.<sup>10</sup> Yang ketiga, perubahan warna tato setelah terapi, yang meskipun pada laser *picosecond* memiliki perubahan warna yang relatif lebih sedikit, namun masih terjadi.<sup>17</sup> Selain itu, efek samping ringan dan sementara masih dilaporkan setelah perawatan laser *picosecond*, termasuk eritema, edema, perdarahan *pinpoint*, gangguan pigmentasi yang mungkin terkait dengan jenis kulit pasien, maupun pembentukan bula, meski beberapa penelitian tidak menunjukkan ukuran spot yang digunakan, sehingga diasumsikan bahwa variasi ini dapat dikaitkan dengan perbedaan paparan pemancar sinar dan energi yang digunakan.<sup>19</sup> Maka dari itu, pemahaman mengenai interaksi tato dan laser, serta teori biologis pada penghapusan tato masih perlu dikembangkan dengan mempertimbangkan keamanan dan kemudahan dalam praktiknya.<sup>23</sup>

Mekanisme yang bertanggung jawab untuk respons *tattoo removal* memiliki variabel yang banyak dan saling terkait, diantaranya jenis tato, kedalaman pigmen, jenis laser dan teknik penggunaan laser.<sup>14</sup> Diskusi mengenai efektivitas *tattoo removal* dengan laser terutama dikaitkan dengan fragmentasi maksimal partikel pigmen di kulit yang berhubungan dengan durasi denyut laser, namun pembahasan tersebut mengabaikan peran penting transportasi fragmentasi partikel pigmen yang dianggap sebagai penyebab memudarnya warna tato yang masih belum banyak dieksplorasi.<sup>1</sup> Literatur saat ini menunjukkan bahwa penggunaan laser *picosecond* untuk menghilangkan tato telah berhasil, namun masih dalam pasar yang terbatas<sup>15</sup>. Karena penggunaan laser *picosecond* untuk menghilangkan tato menjadi semakin umum dalam praktik klinis, dua tujuan khusus yang harus dipertimbangkan adalah meningkatkan efisiensi tingkat *tattoo removal* dan mengurangi jumlah total sesi perawatan untuk mengurangi biaya yang harus dikeluarkan pasien.<sup>20</sup>

### 3.3 KESIMPULAN

---

Laser *picosecond* adalah jenis laser terbaru yang cepat dan efektif untuk menghilangkan tato. Meski terbukti efektif, laser *picosecond* memiliki beberapa keterbatasan seperti biaya yang lebih mahal. Sebagai teknologi baru, tidak semua parameter terapi optimal dan mekanisme terapi masih belum sepenuhnya dipahami, sehingga masih memerlukan studi lebih lanjut.

### 3.4 TINDAK LANJUT

---

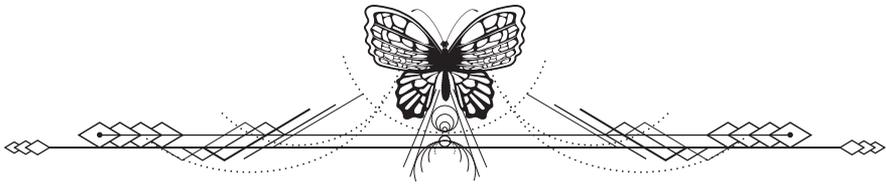
Dalam praktiknya, laser *picosecond* merupakan modalitas yang mahal dan memiliki beberapa keterbatasan, meski penggunaannya menunjukkan kemampuan yang lebih besar untuk menghilangkan pigmen tato. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi prosedur lebih dalam, termasuk pengembangan durasi denyut yang lebih pendek, peningkatan metode fraksinasi, dan eksplorasi kegunaan pancaran panjang gelombang laser lainnya dalam domain *picosecond* (atau lebih pendek). Pengenalan teknologi baru dengan perbaikan yang berkelanjutan dalam teknik dan pengalaman klinis akan mendorong perbaikan dan perluasan teknologi ini.

## Referensi

---

1. Bäumlner, W. and Weiß, K.T. 2019. Laser assisted *tattoo removal*-state of the art and new developments. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 18(2):349–358. <https://doi.org/10.1039/c8pp00416a>.
2. Wu, D.C., Goldman, M.P., Wat, H. and Chan, H.H.L. 2020. A systematic review of picosecond laser in dermatology: evidence and recommendations. *Lasers in Surgery and Medicine*. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/lsm.23244>.
3. Torbeck, R., Bankowski, R., Henize, S. and Saedi, N. 2016. Lasers in tattoo and pigmentation control: Role of the PicoSure® laser system. *Medical Devices: Evidence and Research*. Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/MDER.S77993>.
4. Goh, C. and Ho, S. 2015. Laser *tattoo removal*: a clinical update. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):9. doi:10.4103/0974-2077.155066
5. Izikson, L., Farinelli, W., Sakamoto, F., Tannous, Z. and Anderson, R.R. 2010. Safety and effectiveness of black tattoo clearance in a pig model after a single treatment with a novel 758 nm 500 picosecond laser: A pilot study. *Lasers in Surgery and Medicine*, 42(7):640–646.
6. Jakus, J. and Kailas, A. 2017. Picosecond lasers: A new and emerging therapy for skin of color, minocycline-induced pigmentation, and *Tattoo Removal*. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 10:14–15.
7. Brauer, J. A., Reddy, K. K., Anolik, R., Weiss, E. T., Karen, J. K., Hale, E. K., Brightman LA, Bernstein L., Geronemus, R. G. 2012. Successful and rapid treatment of blue and green tattoo pigment with a novel picosecond laser. *Arch Dermatol*, 148(7):820–823. doi:10.1001/archdermatol.2012.901.
8. Ronald, G.W. 2005. *Basic Laser Physics and Safety in Laser Dermatology*. Springer: New York.
9. Alegre-Sanchez, A., Jiménez-Gómez, N., Moreno-Arrones, Ó.M., Fonda-Pascual, P., Pérez-García, B., Jaén-Olasolo, P. and Boixeda, P. 2018. Treatment of flat and elevated pigmented disorders with a 755-nm alexandrite picosecond laser: clinical and histological evaluation. *Lasers in Medical Science*. 33(8), 1827–1831 doi:10.1007/s10103-018-2459-z
10. Adatto, M.A., Amir, R., Bhawalkar, J., Sierra, R., Bankowski, R., Rozen, D., Dierickx, C., and Lapidoth, M. 2017. New and advanced picosecond lasers for *tattoo removal*. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 52:113–123. doi:10.1159/000450812.
11. Listiawan, M.Y. 2019. *Perspektif Baru: Laser di Bidang Dermatologi*. Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Perdoski Medan.

12. Listiawan, M.Y. 2016. Basic Course: Overview Laser in Dermatology. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS).
13. Listiawan, M.Y. 2016. Basic Laser Principle. Congress of the Asian Pacific Association For Laser Medicine And Surgery (APALMS).
14. Listiawan, M.Y. 2015. Laser *Tattoo Removal* in Asian Skin. *Dermatologic Laser and Surgery in Asians*.
15. Torbeck, R.L., Schilling, L., Khorasani, H., Dover, J.S., Arndt, K.A. and Saedi, N. 2019. Evolution of the Picosecond Laser. *Dermatologic Surgery*, 45(2):183–194. doi:10.1097/dss.0000000000001697
16. Choi, M.S., Seo, H.S., Kim, J.G., Choe, S.J., Park, B.C., Kim, M.H., & Hong, S.P. 2018. Effects of picosecond laser on the multicolored *tattoo removal* using Hartley guinea pig: A preliminary study. *PLoS ONE*, 13(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203370>.
17. Kasai, K. 2017. Picosecond laser treatment for tattoos and benign cutaneous pigmented lesions (Secondary publication). *Laser Therapy. Japan Medical Laser Laboratory*. <https://doi.org/10.5978/islsm.17-RE-02>.
18. Listiawan, M.Y. 2019. Laser Tissue Interaction. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology.
19. Reiter, O., Atzmony, L., Akerman, L., Levi, A., Kershenovich, R., Lapidoth, M. and Mimouni, D. 2016. Picosecond lasers for *tattoo removal*: a systematic review. *Lasers in Medical Science*, 31(7), 1397–1405. Doi:10.1007/s10103-016-2001-0.
20. Hsu, V.M., Aldahan, A.S., Mlacker, S., Shah, V.V., and Nouri, K. 2016. The picosecond laser for *tattoo removal*. *Lasers in Medical Science*, 31, 1733–1737. Doi:10.1007/s10103-016-1924-9.
21. Alabdulrazzaq, H., Brauer, J.A., Bae, Y.S. and Geronemus, R.G. 2015. Clearance of yellow tattoo ink with a novel 532-nm picosecond laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, 47(4):285–288. <https://doi.org/10.1002/lsm.22354>.
22. Kono, T., Chan, H.H.L., Groff, W.F., Imagawa, K., Hanai, U. and Akamatsu, T. 2020. Prospective comparison study of 532/1064 nm picosecond laser vs 532/1064 nm *nanosecond* laser in the treatment of professional tattoos in asians. *Laser Therapy*, 29(1):47–52. <https://doi.org/10.5978/islsm.20-OR-07>.
23. Bernstein, E.F., Bhawalkar, J. and Schomacker, K.T. 2018. A novel titanium sapphire picosecond-domain laser safely and effectively removes purple, blue, and green tattoo inks. *Lasers in Surgery and Medicine*, 50(7):704–710. <https://doi.org/10.1002/lsm.22942>.



# TATA LAKSANA TATTOO REMOVAL DENGAN LASER KOMBINASI



## 4.1 PENDAHULUAN

---

Tato telah menjadi bagian dari budaya dan lapisan masyarakat yang populer selama berabad-abad.<sup>1</sup> Dari budaya Mesir, Yunani, dan Romawi kuno, hingga masyarakat modern saat ini, pemakaian tato telah digunakan untuk meningkatkan kecantikan, menunjukkan keunikan, menandakan kepemilikan, dan terkadang untuk mengidentifikasi, mempermalukan, atau menghukum seseorang.<sup>1</sup> Seiring dengan kepopuleran pemakaian tato, maka permintaan untuk melakukan penghapusan tato juga meningkat.<sup>2</sup> Namun, berbeda dengan kemudahan untuk memakai tato, hingga saat ini *tattoo removal* merupakan prosedur yang menantang karena tidak selalu menjamin keberhasilan.<sup>3</sup>

Prosedur *tattoo removal* telah berkembang selama bertahun-tahun.<sup>4</sup> Metode kimia, mekanis, dermabrasi, tindakan ablatif maupun tindakan eksisi bedah merupakan metode-metode yang digunakan sebelum adanya laser.<sup>5</sup> Modalitas destruktif non-selektif seperti itu sering kali mengakibatkan pengangkatan pigmen tato yang tidak lengkap dan berbagai tingkat jaringan parut serta dispigmentasi.<sup>6</sup> Kemajuan dalam laser dan teknologi berbasis cahaya telah merevolusi prosedur *tattoo removal* dengan menggunakan berbagai panjang gelombang untuk menargetkan pigmen berwarna berbeda dengan relatif mudah dan komplikasi yang lebih sedikit dari sebelumnya.<sup>6</sup>

Laser *Q-switched* hingga saat ini menjadi standar emas untuk melakukan tindakan *tattoo removal* dengan laser karena cukup efektif dalam membersihkan

pigmen tato dan cenderung aman dalam penggunaannya, namun terdapat kekurangan, seperti membutuhkan beberapa sesi dengan jarak waktu tertentu dan penghapusan pigmen tato yang tidak sempurna.<sup>7,8</sup> Kombinasi dua laser dengan mekanisme aksi yang berbeda akan memungkinkan *tattoo removal* yang lebih efektif<sup>3</sup>. Kombinasi laser ini berdasarkan teori gabungan metode ablatif dan non ablatif sehingga terjadi *fractional photothermolysis*, sinar mikro laser merusak (non ablatif) atau menghilangkan (ablatif) ribuan kolom mikroskopis di kulit.<sup>9,10</sup> Tinta tato akan dihilangkan dengan *Ablative Fractional Resurfacing* (AFR) karena teknik ini secara langsung menghilangkan sebagian dari tato dalam kolom mikroskopis kulit kemudian memberikan jalan keluar langsung sehingga tinta tato dapat diekstrusi.<sup>9,10</sup>

Terdapat beberapa mekanisme yang bertanggung jawab untuk respon *tattoo removal* yang saling terkait, seperti jenis tato, kedalaman pigmen tato, jenis laser, dan teknik penggunaan laser untuk menghilangkan tato.<sup>2</sup> Tren dan teknik terkini dalam tindakan *tattoo removal* dengan laser harus diupayakan mengurangi jumlah total sesi yang dibutuhkan, mempersingkat total durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pembersihan sempurna dari pigmen tato, dan juga untuk meminimalkan efek samping.<sup>7</sup>

## 4.2 LASER KOMBINASI UNTUK TATTOO REMOVAL

Penelitian menggunakan metode studi literatur mengenai tata laksana *tattoo removal* menggunakan laser kombinasi. Adapun hasil riset yang ditemukan dan ditelaah adalah:

No.	Peneliti	Penelitian
1.	Listiawan, MY., 2015	Laser Tattoo Removal in Asian Skin. Dermatologic Laser and Surgery in Asians.
2.	Vanarase, M., Gautam, R. K., Arora, P., Bajaj, S., Meena, N., & Khurana, A., 2017	Comparison of Q-switched Nd:YAG laser alone versus its combination with <i>fractional CO<sub>2</sub></i> laser for the treatment of black tattoo. Journal of Cosmetic and Laser Therapy, 19(5), 259–265

No. Peneliti	Penelitian
3. Sardana, K., Ranjan, R., Kochhar, A. M., Mahajan, K. G., & Garg, V. K., 2015	A rapid tattoo removal technique using a combination of pulsed Er:YAG and Q-Switched Nd:YAG in a split lesion protocol. <i>Journal of Cosmetic and Laser Therapy</i> , 17(4), 177-183
4. Goh, C., & Ho, S., 2015	Laser tattoo removal: A clinical update. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 9
5. Shah, S., & Aurangabadkar, S., 2015	Newer trends in laser tattoo removal. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 25.
6. Sardana, K., Garg, V. K., Bansal, S., & Goel, K., 2013	A promising split-lesion technique for rapid tattoo removal using a novel sequential approach of a single sitting of pulsed CO <sub>2</sub> followed by Q-switched Nd: YAG laser (1064 nm). <i>Journal of Cosmetic Dermatology</i> , 12(4), 296-305
7. Ibrahim, O. A., Syed, Z., Sakamoto, F. H., Avram, M. M., & Anderson, R. R., 2011	Treatment of tattoo allergy with ablative fractional resurfacing: A novel paradigm for tattoo removal. <i>Journal of the American Academy of Dermatology</i> , 64(6), 1111-1114
8. Listiawan, MY. 2016.	New Perspective: Dermatology Using Laser. Symposium Continuing Dermatology and Venereology Education "All About Skin Tightening".
9. Listiawan, MY. 2019.	Laser Tissue Interaction. 2 <sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
10. Radmanesh, M., & Rafiei, Z., 2015	Combination of CO <sub>2</sub> and Q-switched Nd:YAG lasers is more effective than Q-switched Nd:YAG laser alone for eyebrow tattoo removal. <i>Journal of Cosmetic and Laser Therapy</i> , 17(2), 65-68.
11. Listiawan, MY. 2017.	Principal Laser and Energy Based Devices: Physics, Safety, and Hazards. Workshop Integrating Basic Science and Aesthetic Dermatology Incorporating with IMCAS (International Master Course on Aging Science).

No. Peneliti	Penelitian
12. Listiawan, MY. 2017.	Dasar-Dasar Laser di Bidang Dermatologi. International Conference on Tropical and Clinical Dermatology.
13. Listiawan, MY. 2020.	Prinsip Dasar dan Aplikasi Klinis Laser Dalam Bidang Dermatologi. Webinar Kolegium Dermatologi Venereologi Indonesia.
14. Listiawan, MY, 2014.	Buletin Surabaya Skin Centre (Maret 2014)
15. Au, S., Liolios, A. M., & Goldman, M. P., 2015.	Analysis of incidence of bulla formation after tattoo treatment using the combination of the picosecond Alexandrite laser and fractionated CO <sub>2</sub> ablation. <i>Dermatologic Surgery</i> , 41(2), 242-245

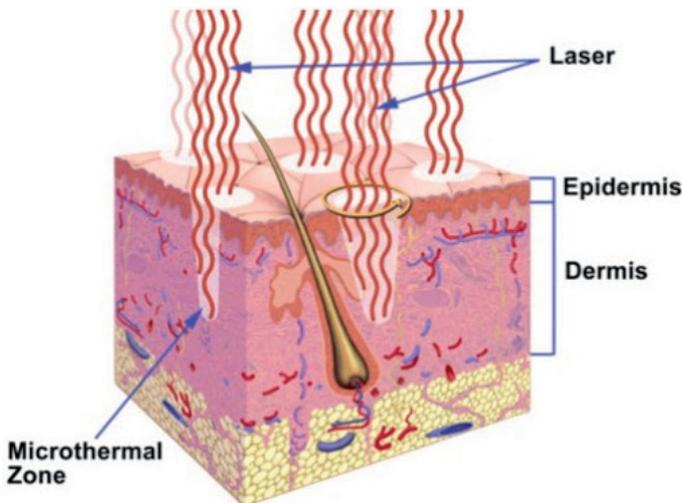
Tindakan *tattoo removal* dengan menggunakan laser didasarkan pada penerapan teori fototermolisis selektif, ketika sinar laser dengan panjang gelombang yang berbeda secara istimewa diserap oleh kromofor yang berbeda.<sup>6,7</sup> Sifat-sifat laser yang monokromatis, yaitu memiliki satu panjang gelombang yang sama/spesifik, koheren, yaitu berada dalam satu fase waktu dan jarak yang sama, dan *collimation*, paralel satu sama lain, tanpa divergen, memungkinkan laser untuk menghasilkan panjang gelombang tunggal dengan intensitas tinggi, yang dapat fokus pada target dengan akurat tanpa mengenai struktur sekitarnya.<sup>11</sup>

Kromofor tato adalah tinta yang ditempatkan secara eksogen di dalam makrofag atau ekstraseluler di seluruh dermis.<sup>2</sup> Pigmen tato semacam itu sangat kecil, dan dapat mencapai waktu relaksasi termalnya sangat cepat, sehingga pemanasan yang cepat dengan durasi denyut yang sangat pendek, dalam kisaran *nanosecond* atau *picosecond* diperlukan untuk menyebabkan kerusakan fotoakustik dan pecahnya sel yang mengandung pigmen ini.<sup>6</sup> Kemudian, proses fagositosis akan terjadi dan pecahan partikel tato menuju ke drainase limfatik, selanjutnya diambil oleh makrofag dermis, fibroblas, dan *mast cell*, sehingga *tattoo removal*.<sup>6</sup>

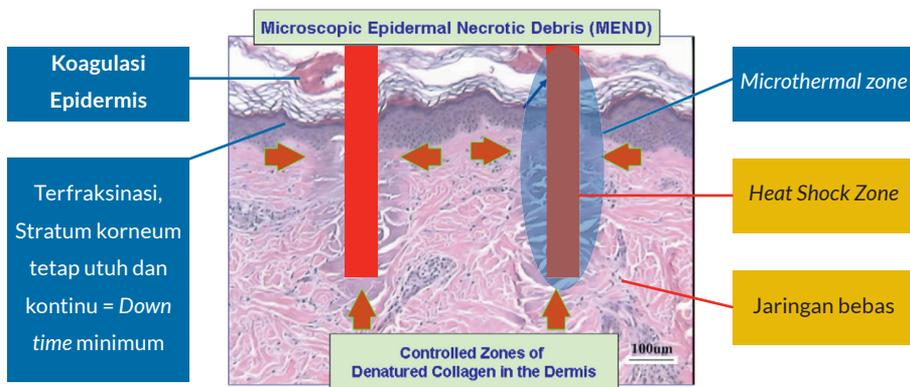
Hingga saat ini, laser *Q-switched* adalah standar emas untuk perawatan tato.<sup>9</sup> Laser *Q-switched* memberikan energi dalam durasi yang sangat pendek, dalam kisaran *nanosecond* dengan daya puncak yang sangat tinggi. Energi ini kemudian secara selektif diserap oleh tinta tato dengan panjang gelombang

dan waktu relaksasi termal yang sesuai.<sup>7</sup> Namun, tindakan *tattoo removal* ini sering kali meninggalkan sisa bahkan setelah beberapa kali sesi perawatan, durasi perawatan dengan interval panjang antar sesi, retensi tinta, efek samping terkait pengobatan seperti kulit yang melepuh dan perubahan pigmen, sehingga diperlukan modalitas lain untuk mempersingkat durasi perawatan, mengurangi jumlah sesi perawatan, serta meminimalkan efek samping.<sup>7,12</sup>

Salah satu pilihan lain untuk melakukan tindakan *tattoo removal* adalah penggunaan laser kombinasi, jenis laser dapat bersifat ablatif, misalnya CO<sub>2</sub>, Er: YAG, non ablatif seperti *Q-switched* Nd: YAG, fraksional ablatif, misalnya CO<sub>2</sub>, Er: YAG, dan fraksional non ablatif, seperti Er: Glass.<sup>10</sup> Laser ablatif seperti *fractional* CO<sub>2</sub> dan Er: YAG telah banyak digunakan untuk tato yang sulit dihilangkan, karena dapat menghilangkan lapisan tipis kulit dengan tepat<sup>3</sup>. Penggunaan laser ablatif atau non ablatif didasarkan teori *fractional photothermolysis*, yaitu menggunakan serangkaian sinar laser mikro untuk membuat banyak area mikroskopis dari nekrosis termal di dalam kulit yang disebut *Microscopic Treatment Zone* (MTZ).<sup>13</sup> Dengan teori tersebut, sinar laser mikro merusak (non ablatif) atau menghilangkan (ablatif) ribuan kolom mikroskopis di kulit (Gambar 4.1).<sup>9,10</sup> Penyinaran laser terjadi secara terfokus, memicu adanya denaturasi jaringan dengan batas tegas dan memiliki diameter sekitar 100 µm yang dikelilingi jaringan hidup dengan interval 200 µm, sedangkan



**Gambar 4.1** *Microscopic Thermal Zone*.<sup>10</sup>

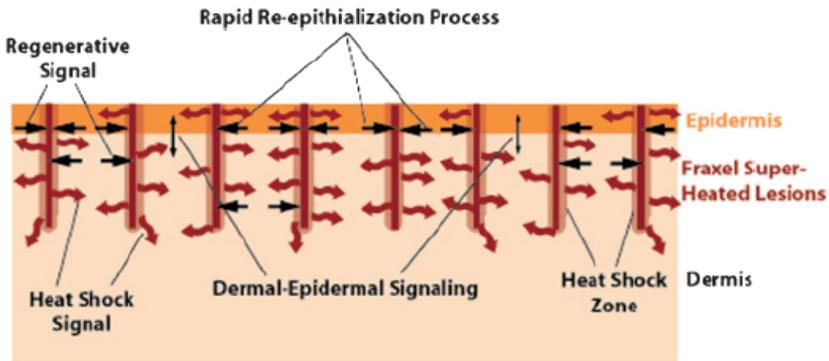


**Gambar 4.2** Fractional Thermolysis.<sup>15</sup>

MTZ berbentuk kolumnar, dikelilingi jaringan epidermis dan dermis sehat.<sup>14</sup> Penggunaan laser kombinasi yang bersifat ablatif dan non ablatif diharapkan dapat mengikis epidermis yang menutupi pigmen tato untuk mendapatkan akses yang lebih baik ke pigmen tato yang lebih dalam saat menggunakan laser *Q-switched* dan menyebabkan lebih sedikit hamburan sinar.<sup>8</sup>

Berdasarkan kajian oleh Listiawan, MY, Gambar 4.2 menunjukkan zona kolagen yang terdenaturasi dalam dermis setelah sinar laser yang difraksinasi dan pecahan nekrotik epidermal mikroskopis dikeluarkan pada hari ke-16.<sup>15</sup> Proses penyembuhan terjadi dari jaringan yang masih baik di sekitarnya dan terjadi reepitelisasi lengkap dalam 24 jam.<sup>15</sup> Meskipun penggunaan teori *fractional thermolysis* benar-benar menghancurkan epidermis dan dermis di dalam MTZ, pola tiga dimensi dari kerusakan di dalam kulit mengalami proses penyembuhan dengan cepat dan dengan sedikit efek samping.<sup>13</sup> Beberapa keunggulan yang didapatkan yaitu periode kesembuhan lebih singkat, risiko serta efek samping lebih minimal, menciptakan penyembuhan luka yang cepat dengan memicu *heat shock protein*, serta menstimulasi *remodelling* kolagen (Gambar 4.2).<sup>14</sup>

Menurut Sardana, *et al*, dari 5 pasien yang dirawat pada sisi kiri tato menggunakan QS Nd: YAG (1064 nm) dan sisi kanan menggunakan laser kombinasi berurutan dari *fractional CO<sub>2</sub>* dan QS Nd: YAG pada interval 6 minggu, mayoritas pasien dengan tato amatir berwarna biru-hitam dan durasi rata-rata 6,2 tahun, dengan analisis statistik didapatkan perbaikan dalam perawatan tato yang dicapai oleh laser *Q-switched* (1,87) kurang dari laser kombinasi (3,7) (T stat = 7,2; P = 0,0019; CI = 0,95), serta sesi perawatan yang



**Gambar 4.3** Keunggulan *Fractional Thermolysis*, proses penyembuhan singkat.<sup>14</sup>



**Gambar 4.4** Tato profesional sebelum dan pasca perawatan dengan kombinasi laser *fractional CO<sub>2</sub>* dan QS Nd:YAG 1064/532 nm.<sup>16</sup>

dibutuhkan lebih sedikit pada penggunaan laser kombinasi yang kebanyakan pasien membutuhkan maksimal dua sesi, sedangkan penggunaan laser *Q-switched* membutuhkan sekitar enam sesi perawatan untuk menghasilkan penghapusan tato yang cukup.<sup>8</sup> Berdasarkan kajian oleh Listiawan, M.Y. seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4, pasien dengan tato profesional berwarna hitam, hijau, dan merah, dilakukan perawatan menggunakan kombinasi laser *fractional CO<sub>2</sub>* dan *Q-switched* Nd:YAG 1064 nm/ 532 nm, mengalami *tattoo removal* yang optimal setelah 6 bulan perawatan. Warna hijau yang cenderung sulit untuk dihilangkan dengan laser *Q-switched*, mendapatkan perawatan yang lebih baik dengan penggunaan kombinasi laser ini.<sup>16</sup>



**Gambar 4.5** Tato amatir sebelum dan pasca perawatan dengan kombinasi laser fraksional ablatif ER:YAG dan QS Nd:YAG.<sup>16</sup>



**Gambar 4.6** Tato pada alis diberikan terapi kombinasi laser *fractional CO<sub>2</sub>* dan Q-Switched Nd:YAG.<sup>16</sup>

Laser *fractional CO<sub>2</sub>* adalah laser generasi yang lebih baru, meminimalkan kemungkinan efek samping yang tidak dapat diterima dibandingkan dengan laser ablatif konvensional<sup>3</sup>. Laser *fractional CO<sub>2</sub>* meningkatkan kualitas *tattoo removal* dengan mekanisme menghilangkan pigmen tato yang terletak di permukaan papiler dermis, sehingga memudahkan ekstrusi pigmen tato.<sup>12</sup> Karena epidermis sudah dihilangkan, penyerapan sinar laser epidermal juga menurun, absorpsi dan hamburan oleh melanin tidak bisa terjadi, sehingga memungkinkan penetrasi yang lebih baik dan lebih banyak penyerapan partikel pigmen tato.<sup>12</sup> Laser *fractional CO<sub>2</sub>* juga menyebabkan respons peradangan, sehingga meningkatkan fagositosis, yang juga meningkatkan penghapusan pigmen tato dengan laser Q-switched.<sup>12</sup>

Berdasarkan pengalaman klinis oleh Listiawan, M.Y., pada Gambar 4.5 tato amatir berusia 2 tahun dilakukan perawatan menggunakan kombinasi laser fraksional ablatif ER:YAG dan *Q-switched* Nd:YAG 1064 nm mengalami *tattoo removal* yang optimal setelah perawatan selama 4 bulan.<sup>16</sup> Pengalaman klinis lain yang dilakukan oleh Sardana, *et al.*, pada 10 pasien, 5 pasien dengan tato amatir dan 5 pasien dengan tato profesional, dirawat dengan laser QS Nd: YAG 1064 nm dan bagian lainnya dengan laser fraksional ablatif Er: YAG kombinasi dengan laser QS Nd: YAG interval 6 minggu sampai pigmen tato hilang, didapatkan hasil yang lebih baik pada penggunaan laser kombinasi (3,85) dibandingkan dengan laser *Q-switched* (2,93) ( $p: 0,001$ ), serta sesi perawatan yang lebih banyak pada penggunaan laser *Q-switched* yang membutuhkan 3–5 sesi, sedangkan pada penggunaan laser kombinasi maksimal memerlukan 2 sesi hingga mencapai *tattoo removal* yang optimal.<sup>4</sup>

Penggunaan laser kombinasi juga dilakukan oleh Radmanesh, M. and Rafiei, Z pada 20 pasien dengan Fitzpatrick II, III, dan IV yang memiliki tato di alis.<sup>12</sup> Alis kanan dirawat dengan laser *fractional* CO<sub>2</sub> pada sesi pertama dan kedua, kemudian kedua alis dirawat dengan laser *Q-switched* Nd: YAG 1064-nm dan 532-nm, didapatkan hasil sisi yang diobati dengan kombinasi laser *Q-switched* Nd: YAG dan CO<sub>2</sub> mengalami perbaikan 75-100% pada 6 dari 20 pasien dan menunjukkan perbaikan >50% dengan laser kombinasi dalam durasi 2 bulan perawatan.<sup>12</sup> Berdasarkan pengalaman klinis oleh Listiawan, M.Y., penggunaan laser kombinasi *fractional* CO<sub>2</sub> dengan *Q-Switched* Nd:YAG menghasilkan *tattoo removal* pada tato alis pasien dengan tipe kulit Fitzpatrick IV membutuhkan waktu 6 minggu perawatan.<sup>16</sup>

Penggunaan laser *picosecond alexandrite* 755 nm yang sangat efektif untuk menghilangkan tato berwarna hitam, biru, dan hijau seringkali menimbulkan efek samping berupa terbentuknya bula karena durasi denyutnya yang sangat singkat. Namun, kombinasi dengan AFR menunjukkan adanya penurunan yang signifikan dalam pembentukan bula atau vesikel sebagai efek samping dalam perawatan tersebut, serta jika dibandingkan dengan penggunaan monoterapi laser *picosecond*, 26 pasien yang diterapi dengan monoterapi laser *picosecond* mengalami efek samping berupa kulit yang melepuh, sedangkan pada terapi kombinasi tidak didapatkan pasien yang dirawat dengan efek samping tersebut.<sup>17</sup> Kemungkinan, saluran mikroskopis yang dibentuk oleh AFR memungkinkan pelepasan eksudat inflamasi dan mencegah penumpukan cairan, mengurangi edema subepidermal yang mengarah pada pembentukan bula dan juga mengurangi waktu penyembuhan.<sup>17</sup>

Kombinasi AFR dengan laser *Q-Switched* berhasil dilakukan dalam beberapa penelitian. Kombinasi ini mungkin sinergis karena mekanisme untuk menghilangkan tato berbeda.<sup>9</sup> Selain itu, saluran yang dibuat oleh AFR kemungkinan besar meningkatkan kemampuan laser *Q-Switched* untuk menghilangkan tinta tato secara transepidermal serta memungkinkan penghapusan warna tinta, seperti kuning, oranye, hijau, coklat, dan putih, yang biasanya sulit pada laser *Q-Switched* saja.<sup>9</sup> Kombinasi laser *fractional CO<sub>2</sub>* dan laser *Q-switched* efektif untuk tato biru-hitam, tetapi masih harus dipelajari apakah dapat digunakan pada tato berwarna lain.<sup>8</sup> Penggunaan laser kombinasi juga masih menimbulkan efek samping, seperti pada kombinasi laser *fractional CO<sub>2</sub>* dan QS Nd: YAG yang menimbulkan efek samping seperti timbulnya jaringan parut, perdarahan *pin point*, dan depigmentasi<sup>3</sup>. Selain itu, meskipun tenaga profesional telah mahir dalam menggunakan laser *Q-switched*, kombinasi dengan laser ablatif memerlukan keterampilan ekstra.<sup>8</sup> Hingga saat ini, hasil dari tata laksana *tattoo removal* masih harus banyak dipelajari, dibuktikan dengan penggunaan berbagai teknologi untuk mengoptimalkan hasil *tattoo removal*.<sup>8</sup> Mengingat bahwa tren dan teknik terkini dalam melakukan tindakan *tattoo removal* dengan laser diupayakan untuk mengurangi jumlah total sesi yang dibutuhkan, mempersingkat total durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *tattoo removal* yang lengkap dan juga untuk meminimalkan efek samping, laser kombinasi dapat menjadi pilihan dengan sesi perawatan yang lebih sedikit dan hasil yang lebih optimal.<sup>3,7</sup>

### 4.3 KESIMPULAN

---

Monoterapi dengan laser *Q-switched* seringkali efektif untuk menghilangkan tato, namun menggabungkan laser *Q-switched* dengan laser fraksional ablatif atau laser fraksional nonablatif dapat menghasilkan *tattoo removal* yang lebih cepat, meminimalkan jumlah sesi perawatan, dan mengurangi efek samping.

## 4.4 TINDAK LANJUT

---

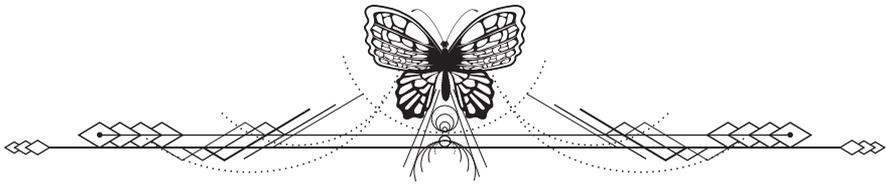
Laser *Q-switched ruby*, *alexandrite*, dan Nd: YAG adalah teknologi yang efektif untuk melakukan prosedur *tattoo removal* dengan warna pigmen tato biru, hitam, merah, dan hijau, dengan berbagai tingkat efektivitas. Warna lain bisa jadi menantang untuk diobati, meskipun hasil menggunakan laser fraksional dan laser *picosecond* cukup menjanjikan. Regulasi dalam penggunaan tinta dan pigmen tato yang lebih baik dapat membantu memastikan aplikasi yang aman dan kemudahan penghapusan tato yang sampai saat ini masih sulit untuk diatasi.

### Referensi

---

1. Ho, S. and Goh, C. 2015. Laser *tattoo removal*: A clinical update (JCAS Symposium) (Report). *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):9. Available from <http://www.jcasonline.com/article.asp?issn=0974-2077;year=2015;volume=8;issue=1;spage=9;epage=15;aulast=Ho>.
2. Listiawan, M.Y. 2015. Laser *Tattoo Removal* in Asian Skin. *Dermatologic Laser and Surgery in Asians*.
3. Vanarase, M., Gautam, R.K., Arora, P., Bajaj, S., Meena, N. and Khurana, A. 2017. Comparison of Q-switched Nd:YAG laser alone versus its combination with *fractional CO<sub>2</sub>* laser for the treatment of black tattoo. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 19(5):259–265. <https://doi.org/10.1080/14764172.2017.1314506>.
4. Sardana, K., Ranjan, R., Kochhar, A.M., Mahajan, K.G. and Garg, V.K. 2015. A rapid *tattoo removal* technique using a combination of pulsed Er:YAG and Q-Switched Nd:YAG in a split lesion protocol. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 17(4):177–183. <https://doi.org/10.3109/14764172.2015.1007066>.
5. Eklund, Y. and Rubin, A.T. 2015. Laser *tattoo removal*, precautions, and unwanted effects. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 48:88–96. <https://doi.org/10.1159/000369191>.
6. Goh, C. and Ho, S. 2015. Laser *tattoo removal*: A clinical update. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):9. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155066>.
7. Shah, S. and Aurangabadkar, S. 2015. Newer trends in laser *tattoo removal*. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):25. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155070>.

8. Sardana, K., Garg, V.K., Bansal, S. and Goel, K. 2013. A promising split-lesion technique for rapid *tattoo removal* using a novel sequential approach of a single sitting of pulsed CO<sub>2</sub> followed by Q-switched Nd: YAG laser (1064 nm). *Journal of Cosmetic Dermatology*, 12(4):296–305. <https://doi.org/10.1111/jocd.12060>.
9. Ibrahimi, O. A., Syed, Z., Sakamoto, F.H., Avram, M.M. and Anderson, R.R. 2011. Treatment of tattoo allergy with ablative fractional resurfacing: A novel paradigm for *tattoo removal*. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 64(6):1111–1114. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2010.11.005>
10. Listiawan, M.Y. 2016. New Perspective: Dermatology Using Laser. Symposium Continuing Dermatology and Venereology Education “All About Skin Tightening”.
11. Listiawan, M.Y. 2019. *Laser Tissue Interaction*. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology.
12. Radmanesh, M. and Rafiei, Z. 2015. Combination of CO<sub>2</sub> and Q-switched Nd:YAG lasers is more effective than Q-switched Nd:YAG laser alone for eyebrow *tattoo removal*. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 17(2):65–68. <https://doi.org/10.3109/14764172.2014.988724>.
13. Listiawan, M.Y. 2017. Principal Laser and Energy Based Devices: Physics, Safety, and Hazards. Workshop Integrating Basic Science and Aesthetic Dermatology Incorporating with IMCAS (International Master Course on Aging Science).
14. Listiawan, M.Y. 2017. Dasar-Dasar Laser di Bidang Dermatologi. International Conference on Tropical and Clinical Dermatology.
15. Listiawan, M.Y. 2020. Prinsip dasar dan aplikasi klinis Laser dalam bidang Dermatologi. Webinar Kolegium Dermatologi Venereologi Indonesia.
16. Listiawan, M.Y. 2014. Buletin Surabaya Skin Centre (Maret 2014).
17. Au, S., Liolios, A.M. and Goldman, M.P. 2015. Analysis of incidence of bulla formation after tattoo treatment using the combination of the picosecond Alexandrite laser and fractionated CO<sub>2</sub> ablation. *Dermatologic Surgery*, 41(2):242–245. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000000244>.



# EFEK SAMPING TATTOO REMOVAL DENGAN LASER



## 5.1 PENDAHULUAN

---

Tato telah menjadi sangat populer di seluruh dunia selama beberapa dekade terakhir, dan jutaan orang memiliki satu atau banyak tato di beberapa lokasi yang berbeda.<sup>1</sup> Secara tradisional, tato paling sering digunakan dalam praktik keagamaan atau ritual seremonial, namun saat ini penggunaan tato dianggap sebagai seni dan dapat dilakukan oleh semua orang.<sup>2</sup> Sebagian dari orang yang bertato menyesali pemakaian tato atau memiliki masalah dengan pemakaian tato dan oleh karena itu mencari solusi untuk melakukan *tattoo removal*.<sup>1</sup>

Tato terdiri atas ribuan partikel pigmen besar yang tersuspensi di kulit.<sup>3</sup> Partikel ini terletak di dalam dermis dan memberikan warna masing-masing kulit yang ditato.<sup>2</sup> Selama bertahun-tahun, beberapa prosedur perawatan telah diterapkan untuk menghilangkan partikel pigmen dari kulit<sup>2</sup>. Metode awal yang digunakan untuk menghilangkan tato termasuk prosedur kimia, mekanis, dan tindakan bedah, yang menghasilkan kondisi di sisi kosmetik kurang optimal.<sup>4</sup> Dengan diperkenalkannya laser pada tahun 1960-an, khususnya laser *fractional CO<sub>2</sub>* dalam durasi denyut *milisecond*, hasil tindakan *tattoo removal* secara kosmetik meningkat tetapi masih menghasilkan gejala sisa yang merugikan, yaitu terbentuknya jaringan parut karena kerusakan termal di jaringan sekitarnya terlalu luas.<sup>4</sup>

Sementara berbagai perawatan, seperti eksisi bedah, dermabrasi, dan penghancuran kimiawi telah diterapkan di masa lampau, selama 2 dekade

terakhir, penggunaan laser telah merevolusi *tattoo removal* dan menjadi standar emas untuk perawatan tato.<sup>5</sup> Hasil perawatan tato pertama yang memberikan hasil baik dimulai dengan munculnya laser *Q-switched* pada 1990-an. Laser ini memberikan durasi denyut *nanosecond* ( $10^{-9}$ ) yang dapat mengganggu sel yang mengandung partikel tinta tato, menghasilkan pembersihan yang efektif dan mengurangi kerusakan kulit di sekitarnya.<sup>4</sup> Baru-baru ini, laser dengan durasi denyut yang lebih rendah, yaitu dalam hitungan *picosecond* ( $10^{-12}$ ) telah dikembangkan sebagai opsi yang dapat diandalkan.<sup>6</sup>

Namun, terlepas dari perkembangan terbaru dalam perawatan tato menggunakan laser, masih tidak mungkin untuk menghapus semua tato sepenuhnya dan tanpa komplikasi.<sup>7</sup> Penggunaan laser masih memberikan risiko efek samping yang tidak diinginkan, seperti terbentuknya jaringan parut, perubahan pigmen kulit, baik hipopigmentasi dan hiperpigmentasi, penggelapan tinta, dan potensi memperburuk kondisi kulit.<sup>8</sup> *Tattoo removal* tergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis tato dan pewarna yang digunakan, kedalaman pigmen tato, jenis laser dan teknik yang digunakan, serta panjang gelombang, dan paparan pemancar sinar laser yang digunakan.<sup>9</sup> Karena itu, menguasai prinsip dasar laser dan berbagai parameter yang memengaruhi *tattoo removal* dengan laser sangat penting dalam mencapai *tattoo removal* yang optimal.<sup>10</sup>

## 5.2 EFEK SAMPING TATTOO REMOVAL DENGAN LASER

Penelitian menggunakan metode studi literatur mengenai efek samping *tattoo removal* menggunakan berbagai jenis laser. Adapun hasil riset yang ditemukan dan ditelaah adalah:

No	Peneliti	Penelitian
1.	Bäumler, W., 2017	Laser Treatment of Tattoos: Basic Principles. <i>Current Problems in Dermatology (Switzerland)</i> , 52, 94-104.
2.	Bäumler, W., & Weiß, K. T., 2019	Laser assisted tattoo removal-state of the art and new developments. <i>Photochemical and Photobiological Sciences</i> , 18(2), 349-358

No	Peneliti	Penelitian
3.	Shah, S., & Aurangabadkar, S., 2015	Newer trends in laser tattoo removal. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 25.
4.	Sardana, K., Ranjan, R., & Ghunawat, S., 2015.	Optimising laser tattoo removal. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 16.
5.	Luebberding, S., & Alexiades-Armenakas, M., 2014.	New tattoo approaches in dermatology. <i>Dermatologic Clinics</i> .
6.	Khunger, N., Molpariya, A., & Khunger, A., 2015	Complications of tattoos and tattoo removal: Stop and think before you ink. <i>Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery</i> , 8(1), 30
7.	Listiawan, MY, 2015	Tattoo Removal in Asian Skin. <i>Dermatologic Laser and Surgery in Asians</i> .
8.	Adatto, Maurice A., Ruthie Amir, Jayant Bhawalkar, Rafael Sierra, Richard Bankowski, Doran Rozen, Christine Dierickx, and Moshe Lapidoth., 2017.	New and Advanced Picosecond Lasers for Tattoo Removal. <i>Current Problems in Dermatology (Switzerland)</i> , 52, 113-123
9.	Gurnani, P., Williams, N., ALHetheli, G., Chukwuma, O., Roth, R., Fajardo, F., & Nouri, K., 2020	Comparing the efficacy and safety of laser treatments in tattoo removal: a systematic review. <i>Journal of the American Academy of Dermatology</i>
10	Karsai, S., 2017	Removal of Tattoos by Q-Switched Nanosecond Lasers. <i>Current Problems in Dermatology (Switzerland)</i> , 52, 105-112
11.	Eklund, Y., & Rubin, A. T., 2015	Laser tattoo removal, precautions, and unwanted effects. <i>Current Problems in Dermatology (Switzerland)</i> , 48, 88-96
12.	Kluger, N. , 2015	The risks of do-it-yourself and over-the-counter devices for tattoo removal. <i>International Journal of Dermatology</i> . Blackwell Publishing Ltd
13.	Kent, K. M., & Graber, E. M., 2012	Laser tattoo removal: A review. <i>Dermatologic Surgery</i> .

No	Peneliti	Penelitian
14.	Naga, L. I., & Alster, T. S., 2017	Laser Tattoo Removal: An Update. American Journal of Clinical Dermatology. Springer International Publishing
15.	Listiawan, MY. 2019.	Laser Tissue Interaction. 2nd West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
16.	Listiawan, MY. 2018.	Basic Laser Dermatology. Asia Derma.
17.	Listiawan, MY. 2020	Complication of Laser. Cosmetic Dermatology Inquiring Conference.
18.	Zhang, M., Gong, X., Lin, T., Wu, Q., Ge, Y., Huang, Y., & Ge, L. Y., 2018	A retrospective analysis of the influencing factors and complications of Q-switched lasers in tattoo removal in China. Journal of Cosmetic and Laser Therapy, 20(2), 71-76.
19.	Kossida, T., Rigopoulos, D., Katsambas, A., & Anderson, R. R., 2012	Optimal tattoo removal in a single laser session based on the method of repeated exposures. Journal of the American Academy of Dermatology, 66(2), 271-277.
20.	Kono, T., Chan, H. H. L., Groff, W. F., Imagawa, K., Hanai, U., & Akamatsu, T., 2020	Prospective comparison study of 532/1064 nm picosecond laser vs 532/1064 nm nanosecond laser in the treatment of professional tattoos in asians. Laser Therapy, 29(1), 47-52.
21.	Au, S., Liolios, A. M., & Goldman, M. P., 2015	Analysis of incidence of bulla formation after tattoo treatment using the combination of the picosecond Alexandrite laser and fractionated CO <sub>2</sub> ablation. Dermatologic Surgery, 41(2), 242-245.
22.	Listiawan, MY. 2018	Buletin Surabaya Skin Centre Maret 2018
23.	Listiawan, MY. 2015	Buletin Surabaya Skin Centre Oktober 2015

## Sekilas Mengenai Efek Samping *Tattoo Removal* dengan Laser

Tato telah menjadi sangat populer di seluruh dunia selama beberapa dekade terakhir, dan jutaan orang memiliki satu atau banyak tato di berbagai lokasi tubuh yang berbeda.<sup>1</sup> Praktik tato adalah fenomena sosial budaya yang

meningkat yang telah terlihat di berbagai peradaban dan negara.<sup>9</sup> Dahulu, proses pemakaian tato adalah proses yang panjang dan lama yang diperuntukkan bagi beberapa orang terpilih, namun penemuan mesin tato listrik di abad ke-20 membuat tato tersedia dan terjangkau untuk berbagai kalangan.<sup>11</sup> Dengan demikian, tato telah menjadi bagian penting dari gaya hidup modern.<sup>11</sup>

Tato terdiri atas ribuan partikel pigmen besar yang tersuspensi di kulit.<sup>3</sup> Partikel ini terletak di dalam dermis dan memberikan warna masing-masing kulit yang ditato.<sup>2</sup> Pemakaian tato dapat dilakukan dengan sengaja untuk tujuan kosmetik (tato dekoratif dan riasan permanen) atau tujuan terapeutik, seperti tato medis, atau dipakai secara tidak sengaja (tato traumatis), dalam kasus cedera kulit.<sup>12</sup> Meskipun tato sudah diperkenalkan sejak bertahun-tahun yang lalu, terdapat peningkatan yang dramatis dalam pemakaian tato di kalangan remaja dan dewasa muda untuk tujuan kosmetik.<sup>12</sup>

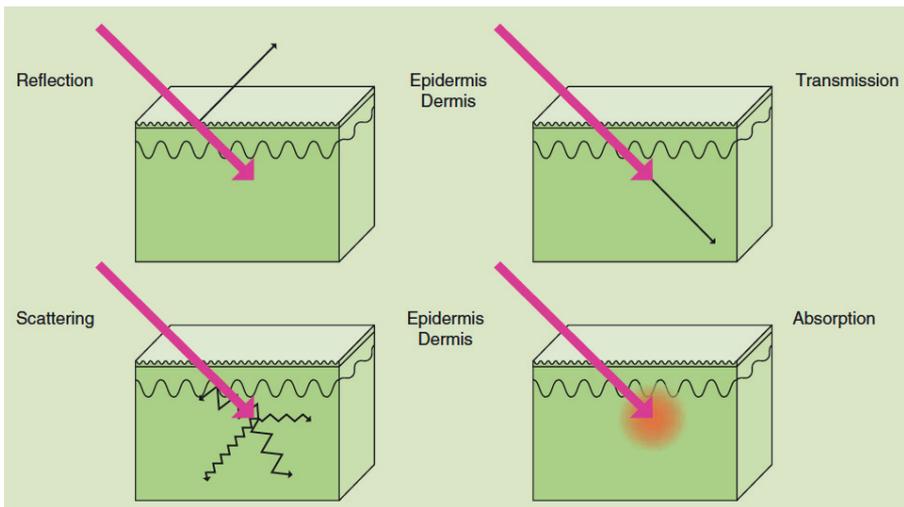
Seiring dengan peningkatan pemakaian tato, maka permintaan untuk melakukan tindakan *tattoo removal* juga meningkat.<sup>13</sup> Percobaan untuk melakukan prosedur *tattoo removal* dilakukan dengan berbagai metode seperti salabrasi, penggunaan bahan kimia kaustik, tindakan bedah, koagulasi infra merah, elektrokauter, dan *cryotherapy*, tetapi jaringan parut dan pigmentasi sisa yang signifikan menyebabkan penghentian berbagai metode ini.<sup>4,9</sup> Hasil perawatan tato pertama yang memberikan hasil baik dimulai dengan munculnya laser *Q-switched* pada 1990-an. Laser ini memberikan durasi denyut *nanosecond* ( $10^{-9}$ ) yang dapat mengganggu sel yang mengandung partikel tinta tato, menghasilkan pembersihan yang efektif dan mengurangi kerusakan jaringan kulit di sekitarnya.<sup>4</sup> Selain itu, munculnya teknologi baru, yaitu laser dengan durasi denyut yang lebih rendah, dalam hitungan *picosecond* ( $10^{-12}$ ) telah dikembangkan sebagai opsi yang dapat diandalkan.<sup>6</sup>

Hingga saat ini, penggunaan laser *Q-switched* merupakan standar emas untuk menghilangkan tato. Meskipun terdapat perbaikan dalam prosedur menghilangkan tato menggunakan laser, namun prosedurnya membutuhkan durasi perawatan yang lama dan jumlah sesinya tidak dapat diprediksi.<sup>14</sup> *Tattoo removal* dengan laser juga dapat menyebabkan beberapa komplikasi, terutama dispigmentasi baik hipopigmentasi maupun hiperpigmentasi dan perubahan jaringan kulit, serta terbentuknya jaringan parut, penggelapan tinta, dan potensi memperburuk kondisi kulit karena penggunaan perangkat atau parameter yang salah.<sup>8,14</sup>

## Interaksi Sinar Laser dengan Jaringan Kulit

Berdasarkan kajian oleh Listiawan, M.Y., saat sinar laser mencapai jaringan kulit, jaringan kulit akan melakukan refleksi, absorpsi, transmisi, ataupun pendaran energi (Gambar 5.1).<sup>15,16</sup> Saat jaringan kulit melakukan refleksi, jaringan kulit akan memantulkan sinar laser pada permukaan jaringan tanpa masuk sama sekali ke dalam jaringan kulit.<sup>16,17</sup> Saat sinar laser diabsorpsi, sinar laser diserap oleh sel target spesifik.<sup>16,17</sup> Ketika jaringan kulit melakukan *scattering* atau pendaran, sinar laser berpendar karena struktur heterogen dalam jaringan.<sup>16,17</sup> Sedangkan ketika sinar laser tidak direfleksikan, diabsorpsi ataupun dipendarkan, sinar akan diteruskan menuju jaringan yang lebih dalam, yang disebut transmisi.<sup>16,17</sup>

Kromofor yang berbeda di kulit, seperti melanin, air, oksihemoglobin, dan pigmen eksogen, masing-masing secara istimewa menyerap panjang gelombang cahaya tertentu.<sup>15</sup> Energi dari sinar laser yang diserap oleh kromofor target diubah menjadi energi panas yang menghancurkan kromofor itu sendiri dan sel sekitarnya.<sup>15</sup> Energi panas yang terbentuk di lokasi sekitar kromofor juga dapat menghancurkan struktur sekitarnya.<sup>15</sup> Meskipun perpindahan panas ini terkadang dapat bermanfaat secara terapeutik, seperti pada penggunaan laser untuk pengurangan rambut, namun penargetan yang tepat di kromofor dan struktur yang ingin dihancurkan dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang



**Gambar 5.1** Interaksi sinar laser dengan jaringan kulit.<sup>16,17</sup>

diinginkan.<sup>15</sup> Teori fototermolisis selektif menjelaskan kerusakan selektif ini oleh sinar laser.<sup>15</sup>

Teori fototermolisis selektif menyatakan bahwa ketika kromofor dipanaskan lebih pendek dari waktu relaksasi termalnya (waktu yang dibutuhkan target untuk kehilangan 50% panasnya setelah laser iradiasi), kerusakan selektif kromofor dapat terjadi tanpa merusak jaringan di sekitarnya.<sup>15</sup> Karena waktu relaksasi termal bergantung dengan ukuran target, kromofor yang lebih besar memiliki waktu relaksasi termal yang lebih lama.<sup>15</sup> Untuk partikel tinta, partikel ini disimpan dalam fibroblas dan makrofag di kulit. Partikel pigmen eksogen ini sangat kecil dan memiliki waktu relaksasi termal yang sangat singkat, sehingga pemanasan yang sangat cepat diperlukan untuk menghancurkannya.<sup>15</sup>

Dalam praktiknya, hal ini dapat dilakukan dengan *Q-switching*, teknik yang menghasilkan durasi denyut laser *nanosecond* ( $10^{-9}$  detik) dengan melepaskan semua energi dalam keadaan tereksitasi dari media laser.<sup>11</sup> Jika pemanasan terjadi cukup cepat, seperti yang terjadi dengan laser *Q-Switched*, ekspansi termal yang cepat dari target menyebabkan fragmentasi, dan gradien suhu tinggi yang dihasilkan akan membentuk gelombang akustik.<sup>15</sup> Efek fotoakustik ini dipercaya mewakili mekanisme yang mendasari penghapusan tato dengan laser.<sup>15</sup>

Warna tato yang paling umum adalah hitam, dan berikutnya adalah biru, hijau, merah, kuning, dan oranye.<sup>8</sup> Semua warna ini memiliki panjang gelombang yang berbeda, berkisar antara 420 hingga 800 nm (tabel 5.1).<sup>8</sup> Laser yang sesuai dengan panjang gelombang tertentu dipilih menurut prinsip ini (tabel 5.2).<sup>8</sup> Namun saat ini, terutama pada tato profesional, ada berbagai macam campuran warna, sehingga terkadang menjadi tantangan untuk mengasumsi reaksi pigmen terhadap panjang gelombang laser yang dipilih.<sup>8</sup>

Jika gelombang yang tepat dan parameter yang dapat disesuaikan seperti ukuran *spot* dan *fluence* telah dipilih, akumulasi panas pada target akan mengakibatkan fragmentasi tinta dengan efek minimal pada jaringan di sekitarnya.<sup>8</sup> Segera setelah perawatan dengan laser, kulit yang memutih akan terlihat, dan biasanya hal ini merupakan tanda penyerapan cahaya yang baik oleh tinta.<sup>8</sup> Reaksi tersebut merupakan vakuolisasi dermal dan epidermal akibat pembentukan uap lokal dan sering disertai dengan perdarahan normal hingga derajat sedang, sebagai tanda gangguan epidermis ringan.<sup>8</sup> Selanjutnya, kulit akan sembuh dalam 2-7 hari.<sup>8</sup> Dalam beberapa minggu setelah prosedur laser, terdapat penghapusan pigmen tato secara bertahap oleh sel-sel imun, seperti makrofag dan limfosit, melalui sistem limfatik.<sup>8</sup>

**Tabel 5.1** Spektrum penyerapan warna pigmen tato yang berbeda, diukur dalam nanometer.<sup>8</sup>

Warna	Absorpsi maksimal (nm)
Hitam	600–800*
Biru-hijau	656–808
Hijau permanen	570–800
Merah-violet	500–570
Oranye	420–540
Kuning	470–485

\*Hitam menyerap ke seluruh spektrum, tanpa puncak tertentu

**Tabel 5.2** Laser *Q-Switched* dan panjang gelombang spesifik untuk target warna.<sup>8</sup>

Panjang gelombang, nm	Laser	Warna
532	Laser Nd:YAG	Merah, oranye, (cokelat, kuning)
694	Laser Ruby	Hitam, biru, hijau, (ungu, coklat)
755	Laser Alexandrite	Hitam, biru, hijau, (coklat)
1.064	Laser Nd:YAG	Hitam, biru, (coklat)

Warna dalam tanda kurung menunjukkan dapat diserap dengan panjang gelombang tersebut, namun penyerapannya kurang memuaskan dibandingkan dengan kromofor lainnya.

Laser *nanosecond* dari teknologi *Q-switched* mampu menghasilkan durasi denyut yang pendek tetapi dengan daya puncak yang jauh lebih tinggi daripada yang dapat dicapai dengan keluaran gelombang kontinu.<sup>2</sup> Baru-baru ini, laser dengan durasi denyut yang lebih pendek telah dikembangkan, yang memungkinkan penargetan kromofor yang lebih baik dengan lebih sedikit kerusakan pada jaringan sekitarnya.<sup>2</sup> Pendekatan dengan durasi denyut yang lebih pendek ini meningkatkan intensitas sinar laser sehingga dianggap meningkatkan efektivitas fragmentasi, khususnya dengan melibatkan berbagai efek non-linier.<sup>2</sup>

Laser *picosecond*, dengan durasi denyut laser  $10^{-12}$  menjanjikan hasil yang lebih efektif.<sup>13</sup> Durasi denyut *picosecond* jauh lebih pendek daripada waktu relaksasi termal partikel pigmen tato ( $< 10$  *nanosecond*), yang dapat menyebabkan pemanasan kromofor yang lebih cepat dengan kerusakan termal di sekitarnya yang lebih sedikit.<sup>2</sup> Saat ini, sudah tersedia perangkat laser *picosecond* dengan



**Gambar 5.2** Tato dengan berbagai warna.<sup>18</sup>

panjang gelombang 532 nm, 694 nm, 755 nm, dan 1064 nm untuk menargetkan beragam pigmen tato.<sup>2</sup> Manfaat lain dari laser *picosecond* adalah kemampuannya untuk membersihkan warna yang lebih sulit dihilangkan, seperti pada laser *picosecond* 755 nm yang terbukti secara efisien menghilangkan warna biru dan hijau muda, sedangkan laser *picosecond* 532 nm dapat menghilangkan warna ungu, oranye, dan kuning.<sup>4</sup> Warna-warna ini sangat sulit dihilangkan dengan teknologi *nanosecond*.<sup>4</sup> Berdasarkan pengalaman klinis oleh Listiawan, M.Y., melaporkan penggunaan kesulitan *tattoo removal* dengan laser *Q-Switched* untuk menghilangkan tato dengan berbagai warna, seperti terlihat pada Gambar 5.2, warna biru sulit untuk dihilangkan.<sup>18</sup>

Setiap tato memiliki banyak komposisi berbeda karena perbedaan kualitas dan kuantitas partikel tato, kedalaman penempatan tato, dan pencampuran warna tato yang berbeda.<sup>4</sup> Faktor yang tidak diketahui ini mengharuskan untuk menetapkan harapan yang realistis dengan pasien dan menjelaskan jumlah yang tepat untuk perawatan untuk menghapus tato tidak selalu diketahui, tetapi secara umum, pembersihan diharapkan lebih cepat dengan laser *picosecond*, karena cara yang lebih efisien untuk melakukan fragmentasi partikel tinta tato sehingga dapat menghilangkan partikel tato sangat kecil.<sup>4</sup> Warna tato dapat sulit sekali dihilangkan dengan perawatan laser pada kasus tertentu, bahkan dengan teknologi *picosecond*.<sup>4</sup> Namun, secara teoritis, laser *picosecond* berpotensi melakukan penghapusan tato lebih cepat dibandingkan dengan laser *nanosecond*.<sup>4</sup>

## Efek Samping *Tattoo Removal* dengan Laser

Dalam kajian yang disampaikan oleh Listiawan, M.Y., efek samping *tattoo removal* dengan laser dapat dibagi berdasarkan waktu terjadinya, yaitu *immediate*, *late*, dan *delayed*.<sup>19</sup> Reaksi yang paling sering terjadi dalam waktu *immediate* adalah nyeri, pengerasan kulit, kulit melepuh, dan perdarahan *pinpoint* (Gambar 5.3 dan 5.4). Hal ini sering berhubungan dengan *fluence* yang berlebihan, ukuran *spot* yang lebih kecil, pada kulit gelap, tato yang tebal, dan *multiple passes*.<sup>19</sup> Reaksi urtikaria yang terjadi segera setelah perawatan laser akan mereda dalam beberapa jam. Kulit dengan tipe Fitzpatrick VI menyerap energi sekitar 40% lebih banyak daripada kulit dengan tipe Fitzpatrick I atau II dengan *fluence* dan durasi pemaparan yang sama. Untuk mencegah efek samping terjadi, sebaiknya *fluence* yang digunakan dalam ambang minimal yang diperlukan untuk mendapatkan efek yang diinginkan, melalui penentuan dengan tes *spot* untuk mengurangi kerusakan jaringan tambahan.<sup>13</sup> Jika melewati ambang batas klinis, maka dapat terjadi pengelupasan epidermis dan perdarahan *pinpoint*.<sup>13</sup>

Reaksi yang timbul secara *late* contohnya adalah purpura dan memar yang timbul di kulit, sebagian besar timbul karena *fluence* yang terlalu tinggi, dan dapat bertahan selama selama 1–2 minggu.<sup>19</sup> Untuk efek samping yang timbul secara *delayed*, kejadian hipopigmentasi ataupun hiperpigmentasi (Gambar 5.5) merupakan kondisi yang paling sering terjadi. Efek samping ini terjadi secara



**Gambar 5.3** Efek samping *immediate*, perdarahan *pinpoint*.<sup>19</sup>

sementara, dan untuk mengurangi kemungkinan tersebut dapat dilakukan pemanjangan antar sesi pengobatan.<sup>19</sup> Diperlukan pendekatan yang bijaksana untuk terapi laser pada setiap jenis kulit untuk menghindari efek samping, tetapi hal ini juga membutuhkan lebih banyak sesi untuk mencapai hasil yang maksimal.<sup>13</sup>



**Gambar 5.4** Efek samping immediate pada tato beberapa warna.<sup>20</sup>



**Gambar 5.5** Efek samping *delayed*, hipopigmentasi.<sup>19</sup>

## Dispigmentasi

Kondisi dispigmentasi, baik hiperpigmentasi dan hipopigmentasi (Gambar 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 dan 5.8) sebagai efek samping tattoo removal dengan laser lebih sering terjadi daripada jaringan parut.<sup>8</sup> Hiperpigmentasi mungkin terjadi setelah peradangan atau berbagai perawatan laser.<sup>8</sup> Kondisi ini lebih sering terjadi pada kulit yang lebih gelap dengan lebih banyak melanin, ketika tidak mendapat perlindungan UV yang memadai segera setelah perawatan laser, dan seringkali dapat berkembang bahkan setelah reaksi laser yang memadai.<sup>7,8</sup> Hiperpigmentasi seringkali dapat dilakukan terapi dengan interval yang lebih lama untuk membiarkan pigmen memudar secara bertahap.<sup>8</sup> Seringkali, kondisi ini membutuhkan terapi lain, seperti hidrokuinon 2–4%.<sup>8</sup> Dalam semua kasus, paparan sinar ultraviolet harus dihindari.<sup>8</sup>



**Gambar 5.6** Efek samping hipopigmentasi pada penggunaan kombinasi laser Q-Switched dan Laser *fractional* CO<sub>2</sub>.<sup>20</sup>



**Gambar 5.7** Efek samping hiperpigmentasi dengan penggunaan laser Q-Switched.<sup>18</sup>



**Gambar 5.8** Efek samping hipopigmentasi pada tato berwarna hitam.<sup>20</sup>

Hipopigmentasi diamati jauh lebih jarang terjadi ketika laser Nd: YAG 1.064 nm digunakan, karena cahaya pada gelombang ini tidak diserap oleh melanin.<sup>7</sup> Faktor risiko terbesar terjadinya hipopigmentasi adalah kondisi kulit yang terbakar matahari.<sup>7</sup> Jumlah sesi pengobatan dan pengaturan fluence memiliki korelasi positif dengan risiko hipopigmentasi.<sup>7</sup> Risiko hipopigmentasi akan meningkat tidak hanya dengan fluence yang terlalu tinggi dan reaksi inflamasi yang terjadi setelah laser, tetapi juga ketika gelombang yang lebih pendek digunakan, karena ini berarti potensi penyerapan yang bersaing oleh melanosom di lapisan basal epidermis.<sup>8</sup> Akibatnya, untuk menghindari hipopigmentasi

pada pasien dengan kulit gelap, gelombang yang lebih panjang dan fluence yang lebih rendah lebih disukai.<sup>8</sup> Jika hipopigmentasi terlihat, interval perawatan yang lebih lama akan lebih bermanfaat sehingga jaringan kulit dan melanosom memiliki waktu untuk pulih.<sup>8</sup> Sebagian besar waktu, hilangnya pigmen bersifat sementara, namun beberapa kasus dapat bertahan selama beberapa bulan atau tahun.<sup>8</sup>

Dalam kajian oleh Listiawan, M.Y. disebutkan, bahwa kejadian dispigmentasi, baik hipopigmentasi dan hiperpigmentasi merupakan efek samping yang terjadi tidak langsung setelah perawatan dengan laser, sehingga disebut sebagai *delayed complication*.<sup>19</sup> Efek samping ini bersifat sementara dan dapat menghilang setelah beberapa waktu.<sup>19</sup> Untuk mengurangi efek samping ini, interval antar perawatan dengan laser sebaiknya diperpanjang.<sup>19</sup>

Observasi yang dilakukan oleh Zhang, *et al.* pada 266 pasien yang memiliki tato dengan Fitzpatrick III dan IV diberikan perawatan menggunakan laser *nanosecond Q-switched* sesuai warna pigmen tato, efek samping terjadi sekitar 24,06%, termasuk hiperpigmentasi, hipopigmentasi, pembentukan bula, reaksi alergi, dan perubahan tekstur kulit atau jaringan parut hipertrofik<sup>21</sup>. Oleh karena itu, perlu adanya komunikasi dengan pasien sebelum pengobatan.<sup>21</sup> Perawatan laser pada tato menyebabkan perubahan pigmen yang terjadi sementara, dan dapat dikurangi secara bertahap dalam beberapa bulan, biasanya pada pasien yang memiliki kulit tipe IV atau pasien yang terpapar sinar matahari sebelum dan sesudah perawatan.<sup>21</sup> Selain itu, perlindungan dari sinar matahari pasca prosedur dan penggunaan terapi untuk mengubah warna mungkin diperlukan.<sup>21</sup> Hipopigmentasi dapat terjadi setelah beberapa kali perawatan. Perawatan berulang pada area hipopigmentasi harus dihindari, dan sisa tato tidak boleh mengalami perawatan laser lebih lanjut sampai kulit pulih dari hipopigmentasi, namun waktu pemulihan dari hipopigmentasi membutuhkan waktu yang sedikit lama.<sup>21</sup> Umumnya dibutuhkan waktu 6 bulan hingga lebih dari 1 tahun untuk mencapai kesembuhan total.<sup>21</sup>

### **Jaringan Parut (*Scarring*)**

Efek samping lain yang sering terjadi adalah pembentukan jaringan parut atau *scarring*. Berdasarkan pengalaman klinis oleh Listiawan, M.Y., seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9, 5.10, 5.11 dan 5.12, penggunaan monoterapi dengan laser Q-Switched maupun kombinasi laser dapat menimbulkan efek samping berupa terbentuknya jaringan parut atau *scarring*.<sup>18,20</sup> Pada dasarnya,

jaringan parut dapat terjadi setelah perawatan laser apa pun, meskipun jarang terjadi jika laser digunakan dengan benar.<sup>7</sup> Bekas luka ini terkadang dapat berkembang selama tindakan *tattoo removal* dan terus ada setelah perawatan berakhir.<sup>21</sup> Menggunakan *fluence* yang terlalu tinggi dan ukuran *spot* yang terlalu besar meningkatkan risiko cedera termal yang lebih dalam, dengan potensi jaringan parut sebagai konsekuensinya.<sup>8</sup> Jika didapatkan adanya peradangan yang besar setelah perawatan laser, alat pendingin dapat digunakan, bersama dengan aplikasi sediaan kortikosteroid topikal.<sup>8</sup>



**Gambar 5.9** Jaringan parut terbentuk setelah penggunaan kombinasi laser Q-Switched dan Laser *fractional CO<sub>2</sub>*.<sup>20</sup>



**Gambar 5.10** Efek samping berupa *scarring* pada penggunaan laser Q-Switched.<sup>20</sup>



**Gambar 5. 11** Pembentukan jaringan parut pada penggunaan laser Q-Switched.<sup>18</sup>



**Gambar 5.12** Pembentukan jaringan parut, keloid setelah penggunaan kombinasi laser Q-Switched dan Laser *fractional* CO<sub>2</sub>.<sup>18</sup>

Menurut Zhang, *et al.*, pada 266 pasien yang memiliki tato dengan Fitzpatrick III dan IV diberikan perawatan menggunakan laser *nanosecond Q-switched* sesuai warna pigmen tato, insiden keseluruhan dari perubahan tekstur kulit ringan dan jaringan parut hipertrofik terjadi sebanyak 8,65% atau pada 23 kasus.<sup>21</sup> Semua tato yang telah terangkat sebelum perawatan laser mengalami perubahan tekstur atau bekas luka hipertrofik pada akhir periode perawatan.<sup>21</sup> Temuan ini menunjukkan bahwa penetrasi tinta yang dalam tidak hanya menyebabkan reaksi granulomatosa pada kulit, tetapi juga menyebabkan hiperplasia kolagen dan pembentukan bekas luka.<sup>21</sup> Risiko terbentuknya jaringan parut juga meningkat jika tato berada di lokasi yang terlibat dalam aktivitas fisik sehari-hari, seperti leher, pinggang, dada, lengan atas bagian luar serta pergelangan tangan dan kaki.<sup>13,21</sup> Oleh karena itu, pasien dengan tato dengan kondisi ini harus diberikan penjelasan terlebih dahulu mengenai risiko yang dapat terjadi sebelum perawatan dengan laser.<sup>21</sup>

Berdasarkan kajian oleh Listiawan, M.Y., perawatan luka yang tepat dalam mencegah infeksi, akan meminimalkan terbentuknya jaringan parut.<sup>13</sup> Langkah yang dapat dilakukan dengan ukuran *spot* yang besar dan jarak antar terapi antara 6–8 minggu.<sup>13</sup> Selain itu, penggunaan laser *pulse dye* serial dan injeksi *triamcinolone acetonide* juga dapat diberikan.<sup>13</sup> Terbentuknya tekstur *cobblestone* dalam waktu 2 minggu setelah terapi adalah tanda bekas luka yang akan terjadi, dan dapat diberikan terapi berupa kortikosteroid topikal kelas I dua kali sehari.<sup>13</sup>

Selain teknik konvensional, dalam penggunaan laser *Q-Switched* terdapat metode yang disebut R20. Metode penghapusan tato R20 didasarkan pada prinsip pemaparan berulang sinar laser dalam satu sesi.<sup>3</sup> *Frosting* yang dibuat dengan penerapan laser *Q-Switched* mencegah penetrasi sinar laser lebih lanjut ke dalam dermis.<sup>3</sup> Jika ditunggu selama beberapa saat, *frosting* biasanya mereda dan laser dapat menembus jaringan kulit kembali.<sup>3</sup> Menggunakan prinsip ini, Kossida, *et al.* menggunakan teknik baru dengan menggunakan empat laser secara serial dalam satu sesi, setelah menunggu selama 20 menit di antara setiap operan.<sup>22</sup> Energi laser dikirim menggunakan parameter yang sama dan jarak 20 menit diberikan di antara setiap operan.<sup>22</sup>

Metode R20 lebih efektif daripada metode tradisional, karena jumlah sesi yang diperlukan untuk menghilangkan tato sangat berkurang dan dapat meningkatkan kepatuhan pasien<sup>3</sup>. Namun, satu sesi dapat membutuhkan waktu 3½ hingga 4 jam.<sup>3</sup> Selain itu, teknik R20 membutuhkan beberapa sesi untuk

menghilangkan tinta sepenuhnya. Meskipun dilaporkan aman pada tipe kulit Fitzpatrick I-IV, namun pada kulit yang lebih berpigmen, insiden keseluruhan terbentuknya jaringan parut, kulit yang melepuh, dan perubahan pigmen lebih tinggi.<sup>3</sup>

### ***Paradoxical Darkening***

Efek samping lainnya yang mungkin terjadi adalah *paradoxical darkening*. Senyawa kimia *iron oxide* dan titanium dioksida bertanggung jawab atas perubahan yang disebabkan oleh penggunaan laser yang mengubah tato berwarna merah menjadi warna hijau atau hitam yang diamati pada riasan permanen<sup>7</sup>. Kedua zat tersebut secara kimiawi direduksi oleh denyut laser berenergi tinggi, sehingga menghasilkan yang disebut sebagai *paradoxical darkening*.<sup>7</sup> Pengalaman menunjukkan bahwa reaksi ini paling umum terjadi pada tato berwarna putih atau berwarna seperti kulit, yang hampir secara eksklusif mungkin mengandung titanium dioksida.<sup>7</sup> Tato kosmetik, tato warna pastel (biru muda, hijau muda, kuning, lavender, merah muda) mencurigai adanya tambahan tinta putih di dalamnya, sehingga menyebabkan penggelapan tato secara langsung dan permanen.<sup>13</sup> Saat menghilangkan tato semacam itu, disarankan untuk memberikan penjelasan kepada pasien secara menyeluruh tentang potensi komplikasi ini.<sup>7</sup> Dan yang terpenting, beberapa sesi perawatan harus dilakukan di satu tempat perawatan yang sama untuk menilai respons terapeutik.<sup>7</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Kono *et al.* pada 11 pasien Asia yang memiliki tato diterapi menggunakan laser *nanosecond* 532/1064 nm dan laser *picosecond* 532/1064 nm dengan empat sesi perawatan yang dilakukan dengan interval setiap perawatan 4 minggu menunjukkan bahwa 5.4% mengalami *paradoxical darkening*, pada semua jenis laser yang digunakan.<sup>23</sup> *Paradoxical darkening* pada tato terjadi setelah perawatan laser pada tato berwarna merah, merah muda, merah daging, dan putih.<sup>23</sup> Selain itu, tinta biru, hijau, dan kuning dapat menjadi warna yang lebih gelap setelah perawatan laser.<sup>23</sup> *Paradoxical darkening* masih dapat terjadi pada terapi di masa yang akan datang, sehingga untuk mencegahnya, harus dilakukan tes *spot* dan *informed consent* kepada pasien.<sup>13</sup> *Paradoxical darkening* dapat diterapi menggunakan laser *Q-Switched Nd: YAG* dengan panjang gelombang 1064 nm.<sup>13</sup>

## Terbentuknya Bula

Menurut Zhang *et al.*, pada 266 pasien yang memiliki tato dengan Fitzpatrick III dan IV diberikan perawatan menggunakan laser *nanosecond Q-switched* sesuai warna pigmen tato, insidensi keseluruhan dari terbentuknya bula adalah 1.5% atau terjadi pada 4 pasien.<sup>21</sup> Dalam observasi yang dilakukan Adatto, *et al.*, biasanya didapatkan insidensi pembentukan bula yang lebih tinggi setelah penggunaan laser *picosecond* (hingga 50% selama sesi pertama ketika pigmen yang ditargetkan terletak di permukaan dan terutama pada ekstremitas bawah).<sup>4</sup> Mekanisme pastinya masih belum jelas, namun berdasarkan pengalaman klinis, bula yang terbentuk mengalami penyembuhan dengan sangat cepat (dalam 4–5 hari) dan tanpa gejala sisa jika dikelola dengan benar.<sup>4</sup>

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Au, *et al.*, pada 95 pasien dengan mayoritas memiliki tato berwarna hitam-biru yang dirawat dengan laser *picosecond Alexandrite* monoterapi atau dengan kombinasi *fractional CO<sub>2</sub> ablation*, dengan perbandingan 81 pasien dirawat dengan laser *picosecond Alexandrite* monoterapi dan 20 pasien dirawat menggunakan kombinasi laser *picosecond* dan *Ablative Fractional Resurfacing (AFR)*, serta 6 pasien dirawat dengan kedua protokol pada kesempatan terpisah, didapatkan bahwa 26 pasien (32%) yang diterapi dengan laser *picosecond* sebagai monoterapi mengalami kulit melepuh, sedangkan tidak ada pasien yang diobati dengan kombinasi laser *picosecond* dan *fractional CO<sub>2</sub> ablation* mengalami kulit melepuh.<sup>24</sup> Setelah dibandingkan, perbedaan insidensi pembentukan bula antara 2 kelompok ditemukan signifikan secara statistik ( $p < .05$ ).<sup>22</sup> Hal ini menunjukkan penurunan yang signifikan dalam pembentukan bula yang terkait dengan perawatan tato ketika *fractional CO<sub>2</sub> ablation* dikombinasikan dengan laser *picosecond Alexandrite*.<sup>24</sup>

Saluran mikroskopis yang dibuat oleh AFR memungkinkan pelepasan eksudat inflamasi dan mencegah penumpukan cairan, mengurangi edema subepidermal yang mengarah pada pembentukan bula, dan juga mengurangi waktu penyembuhan.<sup>24</sup> Hal ini penting, karena penurunan kemungkinan kejadian kulit melepuh secara ekstensif dikaitkan dengan penurunan ketidaknyamanan pasien selama proses penyembuhan dan dengan demikian kemungkinan besar akan meningkatkan kepuasan pasien dan kemauan pasien untuk melakukan perawatan lanjutan.<sup>24</sup> Umumnya, perawatan laser dapat menyebabkan kulit yang melepuh dan terbentuknya bula pada tato yang memiliki kepadatan tinta tinggi atau pada tinta berwarna cerah.<sup>21</sup> Jika bula terbentuk, sebaiknya pasien diterapi

untuk mengambil cairan bula.<sup>21</sup> Selain itu, terapi menggunakan antibiotik topikal dan *moisturizer* mungkin juga akan diperlukan untuk menghindari gesekan dari dinding bula.<sup>21</sup>

## Reaksi Alergi

Dalam hal diagnosis banding, perbedaan harus dibuat antara reaksi alergi terhadap pigmen tato (baik onset langsung atau lambat) dan reaksi terhadap anestesi lokal atau zat lain yang dapat digunakan dalam perawatan laser (misalnya antiseptik topikal).<sup>7</sup> Dalam kasus yang jarang terjadi, terdapat laporan reaksi alergi lokal terhadap logam yang biasa digunakan, misalnya merkuri (merah), kadmium (kuning), krom (hijau), kobalt (biru), dan, nikel, dan reaksi ini terjadi dalam bentuk lesi kulit *lichenoid* atau granulomatososa.<sup>7</sup>



**Gambar 5.13** Efek samping berupa reaksi alergi dan terbentuknya *scarring* pada penggunaan laser *Q-Switched*.<sup>20</sup>

Pigmen tato menyerap cahaya dan karenanya dapat mengalami kerusakan fotokimiawi saat terkena sinar laser yang kuat, sehingga dapat memicu sifat alergi yang ada sebelumnya ataupun menginduksi sifat alergi baru melalui sensitisasi primer yang diperoleh dengan perawatan laser.<sup>7</sup> Setelah perawatan dengan laser, tinta tato dibersihkan oleh sel-sel yang mengangkut fragmen tinta melalui sistem limfatik.<sup>8</sup> Akibatnya, ada potensi risiko reaksi sistemik terhadap partikel tinta setelah perawatan dengan laser, terutama jika telah terjadi reaksi alergi lokal (Gambar 5.13 dan 5.14).<sup>8,20</sup> Oleh karena itu, mempersiapkan diri untuk reaksi seperti ini sangatlah penting.<sup>8</sup>

Menurut Zhang *et al.*, pada 266 pasien yang memiliki tato dengan Fitzpatrick III dan IV diberikan perawatan menggunakan laser *nanosecond Q-switched* sesuai warna pigmen tato, insidensi terjadinya reaksi alergi adalah 0.38% atau pada 1 pasien.<sup>21</sup> Mekanisme yang mendasari mungkin melibatkan pecahnya sel yang mengandung pigmen yang disebabkan oleh panas yang dihasilkan laser dan mekanisme aksi dari sinar laser.<sup>21</sup> Butiran pigmen dilepaskan dari sel, yang memicu reaksi alergi sistemik.<sup>21</sup> Dalam penelitian tersebut, 1 pasien yang memiliki riwayat eksim mengalami papula pruritus dan eritema di area yang dirawat dengan laser dan area sekitarnya, yang berkurang setelah pengobatan simptomatik.<sup>21</sup>



**Gambar 5.14** Reaksi alergi pada tindakan *tattoo removal* dengan kombinasi laser Q-Switched dan Laser *fractional CO<sub>2</sub>*.<sup>20</sup>

Jika terdapat reaksi alergi, pengobatan harus dipertimbangkan kembali dan hanya dilakukan atau dilanjutkan dengan sangat hati-hati, karena tidak ada cara untuk mengesampingkan risiko alergen dari partikel tinta yang menyebar ke seluruh tubuh karena pengobatan laser lanjutan, yang dapat mengakibatkan dermatitis kontak, reaksi urtikaria, atau bahkan syok anafilaksis.<sup>7</sup> Pendekatan lini pertama untuk mengobati reaksi alergi terhadap tinta tato adalah kortikosteroid lokal dan atau intralesi, meskipun tidak cukup efektif pada reaksi granulomatosa yang parah.<sup>7</sup> *Dermatome shaving* pada lapisan kulit luar, proses yang diperkenalkan beberapa tahun yang lalu, dapat dianggap sebagai solusi permanen dengan menghilangkan pigmen secara radikal, yang secara spontan terkonsentrasi di dermis luar.<sup>7</sup> Prosedur ini terutama diterapkan pada reaksi radang tato kronis dan tidak disebabkan oleh sensitisasi baru.<sup>7</sup>

### ***Incomplete Removal***

*Tattoo removal* yang tidak sempurna adalah masalah umum yang sering terjadi pada *tattoo removal* dengan laser (Gambar 5.15), bahkan pada tipe kulit Fitzpatrick I–II.<sup>13,20</sup> Komplikasi ini sering terjadi pada tato profesional dengan berbagai warna, yang menyebabkan pigmen sisa dapat bertahan dan tidak dapat dihilangkan dengan laser secara sepenuhnya.<sup>19</sup> Terkadang, perubahan tekstur kulit juga dapat terjadi, baik sementara ataupun permanen.<sup>19</sup> Untuk berbagai alasan, pigmen tato dapat bertahan di kulit bahkan setelah beberapa sesi perawatan dalam durasi tertentu.<sup>7</sup> Masalah ini masih menjadi tantangan terbesar yang dihadapi dalam tindakan *tattoo removal* dengan laser. Salah satu penyebab paling umum dari *tattoo removal* yang tidak lengkap adalah jaringan parut, yang disebabkan oleh proses *tattoo removal* itu sendiri, sehingga membuat sinar laser lebih sulit menembus dermis karena proses hamburan<sup>7</sup>. Hal ini akan mengurangi penyerapan cahaya pada partikel tinta.

Mekanisme yang bertanggung jawab untuk berbagai respons *tattoo removal* sangat banyak dan saling terkait antara satu sama lain, misalnya jenis tato, kedalaman pigmen, jenis laser, dan teknik yang digunakan untuk melakukan prosedur *tattoo removal*.<sup>13</sup> Pada kulit yang lebih gelap, prosedur *tattoo removal* dengan laser lebih sulit dan tidak dapat diprediksi hasilnya, karena melanin di epidermis juga menyerap energi laser.<sup>13</sup> Dalam perkembangan teknologi



**Gambar 5.15** *Incomplete removal* setelah penggunaan laser Q-Switched Nd:YAG 1064 nm.<sup>20</sup>

laser, penemuan laser *picosecond* adalah peningkatan yang signifikan dalam pengelolaan *tattoo removal*. Dengan menggunakan laser *picosecond*, sesi perawatan yang diperlukan lebih sedikit, sehingga waktu perawatan secara keseluruhan berkurang dibandingkan dengan laser *Q-switched*.<sup>4</sup> Penggunaan teknologi *picosecond* juga memungkinkan untuk menangani kondisi yang sulit, seperti warna pigmen tato yang resistan, kulit dengan pigmen lebih gelap ataupun adanya residu setelah perawatan dengan laser *Q-switched*, dengan cara yang jauh lebih mudah.<sup>4</sup> Namun sebagai teknologi baru, tidak semua parameter pengobatan dan mekanisme untuk tindakan yang optimal telah dipahami sepenuhnya, sehingga penelitian yang lebih lanjut diperlukan untuk tindakan *tattoo removal* yang lebih efisien dan efektif di masa depan.

## 5.3 KESIMPULAN

---

Prosedur *tattoo removal* tampaknya merupakan proses yang sederhana dan dipahami dengan baik, namun jika diamati lebih dekat, fragmentasi struktur morfologi yang kompleks seperti partikel pigmen tato, yang terdiri atas berbagai molekul, merupakan proses yang rumit dan melibatkan banyak faktor. *Tattoo removal* berevolusi dengan penemuan laser, dan penyempurnaan berkelanjutan dari teknologi ini telah menghasilkan hasil yang lebih baik dan lebih dapat diprediksi, namun penelitian lebih lanjut diperlukan mengenai keamanan pigmen tato dan pecahan partikel tato yang terbentuk dengan paparan sinar laser. Penelitian lanjutan juga diperlukan untuk meningkatkan teknologi *tattoo removal* dengan laser untuk mempersingkat sesi perawatan, mengurangi efek samping, dan juga mengurangi biaya.

## 5.4 TINDAK LANJUT

---

Setiap jenis laser memiliki manfaat masing-masing dan hingga saat ini belum ada prosedur yang berlaku secara umum untuk menentukan panjang gelombang yang optimal dan modalitas pengobatan memerlukan evaluasi pasien yang cermat, yang harus mencakup penilaian jenis kulit setiap pasien dan karakteristik tato pasien masing-masing. Regulasi yang lebih baik dari pigmen tato dapat membantu memastikan aplikasi yang aman dan memfasilitasi *tattoo removal* ketika mengetahui target apa yang dihadapi dengan penggunaan laser. Selain itu, penting untuk memberikan informasi terlebih dahulu kepada publik mengenai keterbatasan dalam *tattoo removal* dengan laser sebelum mendapatkan tato untuk mencegah kondisi *tattoo removal* yang sulit.

## Referensi

---

1. Bäumlér, W. 2017. Laser Treatment of Tattoos: Basic Principles. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 52:94–104. <https://doi.org/10.1159/000450809>.
2. Bäumlér, W. and Weiß, K. T. 2019. Laser assisted *tattoo removal*-state of the art and new developments. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 18(2), 349–358. <https://doi.org/10.1039/c8pp00416a>.
3. Shah, S. and Aurangabadkar, S. 2015. Newer trends in laser *tattoo removal*. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):25. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155070>.
4. Adatto, Maurice A., Ruthie Amir, Jayant Bhawalkar, Rafael Sierra, Richard Bankowski, Doran Rozen, Christine Dierickx, and Moshe Lapidoth. 2017. New and Advanced Picosecond Lasers for *Tattoo Removal*. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 52:113–123. <https://doi.org/10.1159/000450812>.
5. Naga, L.I. and Alster, T.S. 2017. *Laser Tattoo Removal: An Update*. American Journal of Clinical Dermatology. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40257-016-0227-z>.
6. Gurnani, P., Williams, N., ALHetheli, G., Chukwuma, O., Roth, R., Fajardo, F. and Nouri, K. 2020. Comparing the efficacy and safety of laser treatments in *tattoo removal*: a systematic review. *Journal of the American Academy of Dermatology*. doi:10.1016/j.jaad.2020.07.117.
7. Karsai, S. 2017. Removal of Tattoos by Q-Switched Nanosecond Lasers. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 52:105–112. <https://doi.org/10.1159/000450811>.
8. Eklund, Y. and Rubin, A.T. 2015. Laser *tattoo removal*, precautions, and unwanted effects. *Current Problems in Dermatology (Switzerland)*, 48:88–96. <https://doi.org/10.1159/000369191>.
9. Sardana, K., Ranjan, R. and Ghunawat, S. 2015. Optimising laser *tattoo removal*. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):16. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155068>.
10. Kurniadi, I., Tabri, F., Madjid, A., Anwar, A.I., & Widita, W. 2020. Laser *tattoo removal*: Fundamental principles and practical approach. *Dermatologic Therapy*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/dth.14418>.
11. Luebberding, S. and Alexiades-Armenakas, M. 2014. New tattoo approaches in dermatology. *Dermatologic Clinics*. <https://doi.org/10.1016/j.det.2013.09.002>.
12. Khunger, N., Molpariya, A. and Khunger, A. 2015. Complications of tattoos and *tattoo removal*: Stop and think before you ink. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(1):30. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.155072>.

13. Listiawan, M.Y. 2015. *Tattoo Removal* in Asian Skin. *Dermatologic and Laser Surgery in Asians*.
14. Kluger, N. 2015. The risks of do-it-yourself and over-the-counter devices for *tattoo removal*. *International Journal of Dermatology*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ijd.12613>.
15. Kent, K.M. and Graber, E.M. 2012. Laser *tattoo removal*: A review. *Dermatologic Surgery*. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2011.02187.x>.
16. Listiawan, M.Y. 2019. Laser Tissue Interaction. 2<sup>nd</sup> West Indonesian Society of Dermatology and Venereology
17. Listiawan, M.Y. 2018. Basic Laser Dermatology. Asia Derma
18. Listiawan, M.Y. 2018. Buletin Surabaya Skin Centre Maret 2018
19. Listiawan, M.Y. 2020. Complication of Laser. Cosmetic Dermatology Inquiring Conference.
20. Listiawan, M.Y. 2015. Buletin Surabaya Skin Centre Oktober 2015.
21. Zhang, M., Gong, X., Lin, T., Wu, Q., Ge, Y., Huang, Y. and Ge, L.Y. 2018. A retrospective analysis of the influencing factors and complications of Q-switched lasers in *tattoo removal* in China. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 20(2):71–76. <https://doi.org/10.1080/14764172.2017.1376096>.
22. Kossida, T., Rigopoulos, D., Katsambas, A. and Anderson, R.R. 2012. Optimal *tattoo removal* in a single laser session based on the method of repeated exposures. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 66(2):271–277. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.07.024>.
23. Kono, T., Chan, H.H.L., Groff, W.F., Imagawa, K., Hanai, U. and Akamatsu, T. 2020. Prospective comparison study of 532/1064 nm picosecond laser vs 532/1064 nm *nanosecond* laser in the treatment of professional tattoos in asians. *Laser Therapy*, 29(1):47–52. <https://doi.org/10.5978/islm.20-OR-07>.
24. Au, S., Liolios, A.M. and Goldman, M.P. 2015. Analysis of incidence of bulla formation after tattoo treatment using the combination of the picosecond Alexandrite laser and fractionated CO<sub>2</sub> ablation. *Dermatologic Surgery*, 41(2):242–245. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000000244>.

# LASER UNTUK *TATTOO REMOVAL*

Buku Referensi Ilmu Dermatologi & Venereologi  
Berdasarkan Riset Dasar, Riset Klinis, dan Riset Pustaka  
Sistemik Penulis



**A**irlangga  
**U**niversity  
**P**ress

