UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pengembangan Prototipe Collagen Cross-Linking yang Portabel, Efektif, Efisien dan Sebanding dengan
Alat yang Sudah Ada**
Edy Wibowo, Prof. dr. M. Bayu Sasongko, Sp.M., M.Epi., Ph.D; Prof. dr. Suhardjo, S.U., Sp.M(K)
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROTOTIPE *COLLAGEN CROSS-LINKING* YANG PORTABEL, EFEKTIF, EFISIEN DAN SEBANDING DENGAN ALAT YANG SUDAH ADA.

Latar Belakang: *Corneal collagen cross-linking* (CXL) merupakan salah satu prosedur untuk memperlambat atau menghentikan progresi dari keratokonus. Saat ini, bentuk alat CXL yang sudah ada kurang praktis dan relatif mahal, sehingga perlu dikembangkan alat CXL yang lebih efektif dan ekonomis tanpa mengurangi kegunaan alat.

Tujuan: Mengembangkan desain prototipe CXL yang portabel dengan spesifikasi yang sesuai serta menguji performa prototipe CXL secara *in vitro* dan uji klinis pada pasien.

Metode: Untuk mengembangkan prototipe CXL, dilakukan rekayasa terbalik dari mesin CXL yang sudah ada. Standardisasi spesifikasi prototipe CXL portabel dilakukan untuk menyamakan cara kerja dan kualitasnya dengan alat CXL yang sudah ada. Pengujian prototipe CXL portabel kemudian dilakukan secara *in vitro* pada bakteri dan jamur serta percobaan klinis pada pasien keratokonus derajat I menggunakan protokol Dresden termodifikasi (*epi-on*, riboflavin 0,25%; iradiasi akselerasi UVA 9 mW/cm² selama 10 menit, dosis 5,4 J/cm²), melalui perbandingan dengan alat CXL yang sudah ada.

Hasil: Prototipe UV-GAMA *headband* telah berhasil dibuat dan sinar UV yang digunakan serupa dengan alat CXL yang sudah ada, dengan panjang gelombang puncak terukur 373,7 ± 1,8 nm berdasarkan pengukuran SNSU-BSN. UV-GAMA dan UV-CXL sama-sama menurunkan jumlah koloni bakteri dan jamur secara bermakna dibandingkan kontrol positif ($p < 0,001$) dan tidak berbeda bermakna satu sama lain pada enam dari tujuh organisme; pada *S. aureus*, UV-CXL mengeradikasi seluruh koloni, sedangkan killing rate UV-GAMA 99,97% ($p = 0,011$). Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada CCT, K1, dan K2 antara kelompok UV-GAMA dan UV-CXL, dan tidak ada perubahan yang signifikan dari sebelum terapi hingga hari ke-14 dan ke-45 pasca terapi pada kedua kelompok (semua $p > 0,05$). Kejadian tidak diinginkan berupa hiperemia palpebra ditemukan pada satu mata kelompok UV-GAMA dengan alat versi awal dan membaik hanya dengan kompres; kejadian serupa tidak berulang setelah diameter berkas dipersempit dengan *aperture*.

Kesimpulan: Produk prototipe UV-GAMA *headband* portabel telah berhasil dibuat dan memiliki efektivitas yang sebanding dengan mesin CXL yang sudah beredar di pasaran dalam mengeradikasi bakteri dan jamur pada percobaan in vitro (tidak berbeda bermakna pada enam dari tujuh organisme uji). Pada uji coba protokol CXL Dresden termodifikasi (*epi-on*) pada pasien keratokonus, UV-GAMA tidak menunjukkan perbedaan bermakna dengan alat pembanding dan tidak

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pengembangan Prototipe Collagen Cross-Linking yang Portabel, Efektif, Efisien dan Sebanding dengan
Alat yang Sudah Ada**
Edy Wibowo, Prof. dr. M. Bayu Sasongko, Sp.M., M.Epi., Ph.D; Prof. dr. Suhardjo, S.U., Sp.M(K)
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

menimbulkan perubahan CCT maupun keratometri yang bermakna selama 45 hari.

Kata Kunci: CXL, keratokonus, portabel, bakteri, jamur

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pengembangan Prototipe Collagen Cross-Linking yang Portabel, Efektif, Efisien dan Sebanding dengan
Alat yang Sudah Ada**
Edy Wibowo, Prof. dr. M. Bayu Sasongko, Sp.M., M.Epi., Ph.D; Prof. dr. Suhardjo, S.U., Sp.M(K)
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A PORTABLE COLLAGEN CROSS-LINKING PROTOTYPE THAT IS EFFECTIVE, EFFICIENT AND COMPARABLE TO EXISTING CXL DEVICES.

Background: Corneal collagen cross-linking (CXL) is a procedure to reduce or stop the progression of keratoconus. Currently, existing forms of CXL devices are less practical and relatively expensive, so it is necessary to develop CXL devices that are more effective and economical without reducing the usability of the devices.

Objectives: Develop a portable CXL prototype design with standardized specifications and test the performance of the CXL prototype *in vitro* and in clinical trials on patients.

Methods: To develop the CXL prototype, reverse engineering of an existing CXL engine was performed. Standardization of portable CXL prototype was carried out and compared with existing CXL devices. The portable CXL prototype was then carried out for *in vitro* treatment on bacteria and fungi as well as clinical trials on grade I keratoconus patients using a modified Dresden protocol (epithelium-on, 0.25% riboflavin; accelerated UVA irradiation at 9 mW/cm² for 10 minutes, 5.4 J/cm²), through comparison with an existing CXL devices.

Results: The UV-GAMA headband prototype has been successfully developed and the UV source used in it is similar to that of existing CXL devices, with a peak wavelength of 373.7 ± 1.8 nm as measured by SNSU-BSN. UV-GAMA and UV-CXL both significantly reduced bacterial and fungal colony counts compared with the positive control ($p < 0.001$) and did not differ significantly from each other in six of the seven organisms; in *S. aureus*, UV-CXL eradicated all colonies, whereas UV-GAMA achieved a killing rate of 99.97% ($p = 0.011$). No significant differences in CCT, K1, or K2 were found between the UV-GAMA and UV-CXL groups, and neither group showed significant changes from baseline to days 14 and 45 after treatment (all $p > 0.05$). One adverse event, eyelid hyperemia, occurred in one eye treated with the initial version of UV-GAMA and improved with compresses alone; it did not recur after the beam diameter was narrowed with an aperture.

Conclusions: The portable UV-GAMA headband prototype product has been successfully developed and has comparable effectiveness to previous CXL device in eradicating bacteria and fungi in in vitro experiments (no significant difference in six of the seven test organisms). In trials of a modified (epithelium-on) Dresden CXL protocol in keratoconus patients, it showed no significant difference from the comparator device and caused no significant change in CCT or keratometry over 45 days.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Pengembangan Prototipe Collagen Cross-Linking yang Portabel, Efektif, Efisien dan Sebanding dengan
Alat yang Sudah Ada**
Edy Wibowo, Prof. dr. M. Bayu Sasongko, Sp.M., M.Epi., Ph.D; Prof. dr. Suhardjo, S.U., Sp.M(K)
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Keywords: CXL, keratoconus, portable, bacteria, fungus