

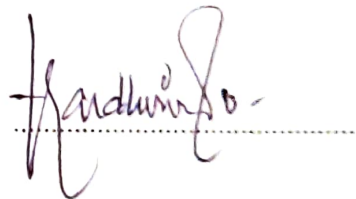
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Nama : dr. Nuraini
Nomor Mahasiswa : 4103072112
Bidang : Ilmu Kesehatan Mata
Judul Tesis : Keamanan dan Efisiensi Fakoemulsifikasi Torsional

Jakarta, 4 Mei 2007

Pembimbing:

1. dr. Johan A. Hutauruk, SpM
2. dr. Tjahjono D. Gondhowiardjo, SpM, PhD



Ketua Program Studi
Ilmu Kesehatan Mata FKUI



(Dr. dr. Ratna Sitompul, SpM)

Kepala Departemen
Ilmu Kesehatan Mata FKUI



(dr. M. Sidik, SpM)



UNIVERSITAS INDONESIA

T E S I S

KEAMANAN DAN EFISIENSI FAKOEMULSIFIKASI TORSIONAL

dr. Nuraini

Nomor Mahasiswa: 4103072112

**Disusun sebagai syarat
untuk memperoleh gelar Dokter Spesialis Mata**

**Departemen Ilmu Kesehatan Mata
Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
Rumah Sakit dr. Cipto Mangunkusumo**

Jakarta

2007

Safety and Efficiency of Torsional Phacoemulsification

Nuraini, Johan A. Hutaauruk, Tjahjono D. Gondhowiardjo
Ophthalmology Department, Faculty of Medicine
University of Indonesia

Abstract

Purpose: To evaluate the safety and efficiency of torsional phacoemulsification on senile dense cataract.

Setting: Jakarta Eye Centre, Jakarta, Indonesia

Materials & Methods: Prospective, randomized, single-blind clinical trial. Twenty-four eyes with hard cataract were randomly divided into 2 groups: 10 eyes had torsional (Group 1) and 14 eyes had longitudinal phacoemulsification (Group 2). Measurements of endothelial cell count (ECC), corneal thickness (CT), and flare at 1 day after the operation are the safety indicators. Effective phacoemulsification time (EPT) and balanced saline solution (BSS) used, as an efficiency indicators, was monitored on the day of surgery. *p* value of <0.05 was considered as statistically significant.

Results: The mean ECC was lower in Group 1 [$2306.0 \text{ cell/mm}^2 \pm 348.3 \text{ (SD)}$] than Group 2 [$1997.2 \text{ cell/mm}^2 \pm 459.1 \text{ (SD)}$] ($p > 0.05$). The mean CT and flare were, respectively, $601.4 \mu\text{m} \pm 59.3 \text{ (SD)}$ and $8.82 \text{ photoncount/sec} \pm 4.70$ in Group 1; and $606.7 \mu\text{m} \pm 74.9 \text{ (SD)}$, $12.8 \text{ photoncount/sec} \pm 7.22$ in Group 2 ($p > 0.05$). Three subjects with cataract grade 5 in Group 2 had severe corneal edema. The mean EPT was $17.85 \text{ seconds} \pm 8.39 \text{ (SD)}$ and BSS usage was $45.5 \text{ mL} \pm 8.8 \text{ (SD)}$ in Group 1; and $33.81 \text{ seconds} \pm 24.53 \text{ (SD)}$, $83.6 \text{ mL} \pm 46.7 \text{ (SD)}$, respectively, in Group 2. The difference was statistically significant.

Conclusions: This study indicates that torsional phacoemulsification is more efficient in patients with a hard lens nucleus. Phacoemulsification safety also could be increased and patient outcomes improved with this modality.

Keywords: *phacoemulsification, torsional, longitudinal*

Keamanan dan Efisiensi Fakoemulsifikasi Torsional

Nuraini, Johan A. Hutauruk, Tjahjono D. Gondhowiardjo
Departemen Ilmu Kesehatan Mata, Fakultas Kedokteran
Universitas Indonesia

Abstrak

Tujuan: membuktikan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional

Tempat: Jakarta *Eye Centre*, Jakarta, Indonesia

Metode: Penelitian prospektif, uji klinis, acak, tersamar tunggal. Sebanyak 24 mata dengan katarak densitas keras dibagi 2 kelompok secara acak untuk menjalani fakoemulsifikasi, yaitu 10 mata untuk Kelompok 1 (torsional) dan 14 mata untuk Kelompok 2 (longitudinal). Keamanan dinilai dengan densitas endotel, tebal kornea dan *flare* pada hari ke-1 pasca bedah, sedangkan efisiensi dinilai dengan *effective phaco time* (EPT) dan volume BSS terpakai. Nilai $p < 0,05$ dinyatakan sebagai bermakna.

Hasil: Penelitian berlangsung sejak Desember 2006-Maret 2007. Pada hari ke-1 pasca bedah, rerata densitas endotel $2306,0 \text{ sel/mm}^2 \pm 348,3$ (SD) untuk Kelompok 1 dan $1997,2 \text{ sel/mm}^2 \pm 459,1$ (SD) untuk Kelompok 2 ($p > 0,05$). Tebal kornea dan *flare* Kelompok 1 lebih rendah, yaitu $601,4 \mu\text{m} \pm 59,3$ (SD) dan $8,82 \text{ photoncount/sec} \pm 4,70$; sedangkan Kelompok 2 sebesar $606,7 \mu\text{m} \pm 74,9$ (SD) dan $12,8 \text{ photoncount/sec} \pm 7,22$ (SD) ($p > 0,05$). Tiga subjek katarak gradasi 5 di Kelompok 2 mengalami edema kornea berat. Di Kelompok 1, rerata EPT sebesar $17,85 \text{ seconds} \pm 8,39$ (SD) dan volume BSS $45,5 \text{ mL} \pm 8,8$ (SD); sedangkan kelompok 2 $33,81 \text{ seconds} \pm 24,53$ (SD) dan $83,6 \text{ mL} \pm 46,7$ (SD) ($p < 0,05$).

Simpulan: Fakoemulsifikasi torsional lebih efisien dibandingkan longitudinal. Dengan lebih efisien, maka secara klinis fakoemulsifikasi torsional cenderung lebih aman untuk katarak densitas keras dibandingkan longitudinal, meski hal ini belum dapat dibuktikan secara statistik.

Kata kunci: fakoemulsifikasi, torsional, longitudinal



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi karunia dan rahmat-Nya selama kehidupan saya dan atas ijin, serta pertolongan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini sebagai tugas akhir pada Program Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Mata FKUL.

Tesis ini merupakan hasil penelitian tentang perbandingan fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal pada katarak senilis dengan densitas keras. Penelitian ini tidak akan dapat terlaksana tanpa peran serta dan bantuan dari:

1. Para pembimbing saya. Kepada dr. Johan A. Hutauruk, SpM, terima kasih karena telah memberikan ide pembuatan penelitian ini dan tidak bosan-bosannya bersedia membimbing saya. Kepada dr. Tjahjono Gondhowiardjo, SpM(K), PhD, terima kasih telah membuat saya *melek* tentang seluk beluk penelitian yang baik dan benar dan bagaimana menganalisis hasilnya dengan logis.
2. KaDept Ilmu Kesehatan Mata, dr. M. Sidik, SpM. Terima kasih karena telah bersedia menampung saya untuk mengikuti pendidikan dan mengizinkan menggunakan semua fasilitas di Departemen Ilmu Kesehatan Mata.
3. Dr. dr. Ratna Sitompul, SpM sebagai Ketua Program Studi dan Dr.dr. Widya Artini, SpM sebagai Sekretaris Program Studi. Terima kasih karena selalu mengingatkan dan memotivasi saya untuk dapat menyelesaikan pendidikan spesialis ini tepat pada waktunya.
4. Prof. dr. Mardiono Marsetio, SpM(K), seluruh koordinator dan guru-guru saya di Departemen Ilmu Kesehatan Mata yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih karena telah membekali saya dengan segala ilmu dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan. Akan saya gunakan semua yang telah saya peroleh itu sebagai bekal menjadi spesialis mata.
5. Direktur Utama Jakarta *Eye Centre* (JEC), dr.Darwan M Purba, SpM. Terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan kepada saya untuk dapat menggunakan fasilitas JEC selama menjalankan penelitian.

6. Seluruh pegawai dan paramedis ruang bedah maupun rekam medik JEC, terima kasih atas bantuan dan kerjasama selama penelitian ini berlangsung.
7. dr. M. Sopiyyudin Dahlan. Terima kasih telah membimbing dan mengoreksi tesis saya, terutama dalam hal metodologi penelitian dan statistik.
8. Rekan-rekan residen, pegawai dan paramedis di Departemen Ilmu Kesehatan Mata FKUI-RSCM terima kasih atas segala kebersamaan dan dukungannya selama ini.
9. Suami, Mamah dan Bapak, Mami dan Papi, serta seluruh keluarga saya tersayang. Dengan segala kerendahan hati, saya berterima kasih atas segala doa, semangat, dan cinta yang telah terus-menerus diberikan, terutama selama saya menjalani masa pendidikan. Mohon maaf sebesar-besarnya karena telah tercurahnya sebagian besar waktu dan tenaga selama penyelesaian penelitian ini.
10. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Meskipun tulisan ini masih jauh dari sempurna, namun saya berharap semoga tetap dapat memberi manfaat bagi kita semua dan bagi pelayanan bedah katarak di masa datang.

Jakarta, 4 Mei 2007

Penulis

(Nuraini)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberi karunia dan rahmat-Nya selama kehidupan saya dan atas ijin, serta pertolongan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini sebagai tugas akhir pada Program Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Mata FKUL.

Tesis ini merupakan hasil penelitian tentang perbandingan fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal pada katarak senilis dengan densitas keras. Penelitian ini tidak akan dapat terlaksana tanpa peran serta dan bantuan dari:

1. Para pembimbing saya. Kepada dr. Johan A. Hutauruk, SpM, terima kasih karena telah memberikan ide pembuatan penelitian ini dan tidak bosan-bosannya bersedia membimbing saya. Kepada dr. Tjahjono Gondhowiardjo, SpM(K), PhD, terima kasih telah membuat saya *melek* tentang seluk beluk penelitian yang baik dan benar dan bagaimana menganalisis hasilnya dengan logis.
2. KaDept Ilmu Kesehatan Mata, dr. M. Sidik, SpM. Terima kasih karena telah bersedia menampung saya untuk mengikuti pendidikan dan mengizinkan menggunakan semua fasilitas di Departemen Ilmu Kesehatan Mata.
3. Dr. dr. Ratna Sitompul, SpM sebagai Ketua Program Studi dan Dr.dr. Widya Artini, SpM sebagai Sekretaris Program Studi. Terima kasih karena selalu mengingatkan dan memotivasi saya untuk dapat menyelesaikan pendidikan spesialis ini tepat pada waktunya.
4. Prof. dr. Mardiono Marsetio, SpM(K), seluruh koordinator dan guru-guru saya di Departemen Ilmu Kesehatan Mata yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih karena telah membekali saya dengan segala ilmu dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan. Akan saya gunakan semua yang telah saya peroleh itu sebagai bekal menjadi spesialis mata.
5. Direktur Utama Jakarta *Eye Centre* (JEC), dr.Darwan M Purba, SpM. Terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan kepada saya untuk dapat menggunakan fasilitas JEC selama menjalankan penelitian.

DAFTAR ISI

	Halaman
Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar, Tabel dan Lampiran.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.3.1 Tujuan umum.....	3
I.3.2 Tujuan khusus.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
I.4.1 Manfaat untuk bidang ilmu.....	4
I.4.2 Manfaat untuk pelayanan kesehatan.....	4
I.4.3 Manfaat untuk pasien.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Endotel Kornea.....	5
II.1.1 Fisiologi.....	6
II.2 Katarak Senilis.....	11
II.2.1 Klasifikasi katarak.....	11
II.3 Prinsip Kerja Fakoemulsifikasi.....	13
II.3.1 Prinsip kerja fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal.....	15
II.3.2 Komplikasi fakoemulsifikasi.....	18
BAB III KERANGKA KONSEPSIONAL.....	22
III.1 Kerangka Konseptual.....	22
III.2 Hipotesis Penelitian.....	23
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	24
IV.1 Desain Penelitian.....	24
IV.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
IV.3 Populasi Penelitian.....	24
IV.4 Estimasi Besar Sampel.....	24
IV.5 Pemilihan Sampel.....	25
IV.5.1 Kriteria inklusi.....	25
IV.5.2 Kriteria eksklusi.....	25
IV.5.3 Kriteria <i>drop out</i>	25
IV.6 Cara Kerja.....	26
IV.6.1 Pemeriksaan sebelum dan sesudah operasi.....	26
IV.6.2 Alur penelitian.....	27

IV 6 3 Alat dan bahan yang digunakan	28
IV 6 4 Teknik pemeriksaan	28
IV 6 5 Teknik pembedahan	29
IV 7 Manajemen dan Analisis Data	30
IV 7 1 Data sebelum pembedahan	31
IV 7 2 Data pada saat pembedahan	31
IV 7 3 Data setelah pembedahan	31
IV 7 4 Analisis data	31
IV 8 Identifikasi Variabel Penelitian	31
IV 9 Definisi Operasional	32
BAB V HASIL	35
V 1 Karakteristik Subjek	35
V 2 Keamanan	36
V 3 Efisiensi	43
V 4 Visus	45
V 5 Tekanan Intra Okular	45
BAB VI PEMBAHASAN	46
BAB VII SIMPULAN DAN SARAN	57
Daftar Rujukan	58
Lampiran	62

DAFTAR GAMBAR, TABEL DAN LAMPIRAN

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	
GAMBAR 1 Skema lapisan kornea	5
GAMBAR 2 Lokasi sawar dan pompa endotel	6
GAMBAR 3 Skema mekanisme pompa endotel	8
GAMBAR 4 Metabolisme kornea	9
GAMBAR 5 Tahapan penyembuhan luka endotel dihubungkan dengan ketebalan kornea	11
GAMBAR 6 <i>Handpiece</i> fakoemulsifikasi	13
GAMBAR 7 Sistem fakoemulsifikasi	15
GAMBAR 8 Arah gerakan <i>phaco tip</i>	16
GAMBAR 9 Ozil™ <i>handpiece</i>	17
GAMBAR 10 Salah satu tip yang digunakan pada Ozil™ <i>handpiece</i> : <i>Tapered Kelman® Microtip</i> ABS	17
GAMBAR 11 Gerakan pada <i>shaft handpiece</i> dan tip fakoemulsifikasi torsional	18
GAMBAR 12 Prinsip <i>specular microscopy</i>	19
GAMBAR 13 Dimensi kornea	19
GAMBAR 14 Skema prinsip kerja <i>flaremeter</i>	20
GAMBAR 15 Rerata densitas endotel pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	37
GAMBAR 16 Rerata selisih endotel pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	37
GAMBAR 17 Rerata ketebalan kornea pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	38
GAMBAR 18 Rerata selisih ketebalan kornea pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	39
GAMBAR 19 Rerata nilai <i>flare</i> pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	40
GAMBAR 20 Rerata selisih nilai <i>flare</i> pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	40
GAMBAR 21 Stratifikasi variabel selisih hitung densitas endotel hari ke-1 berdasarkan gradasi katarak	41
GAMBAR 22 Stratifikasi variabel selisih tebal kornea hari ke-1 berdasarkan gradasi katarak	42
GAMBAR 23 Stratifikasi variabel <i>flare</i> hari ke-1 berdasarkan gradasi gradasi katarak	42
GAMBAR 24 Stratifikasi variabel EPT berdasarkan gradasi katarak	44
GAMBAR 25 Stratifikasi variabel volume BSS berdasarkan gradasi katarak	44
GAMBAR 26 Rerata TIO pra dan pasca bedah pada kedua kelompok	45

DAFTAR TABEL

TABEL 1 Karakteristik subjek.....	35
TABEL 2 Rerata nilai densitas kornea pasca bedah.....	36
TABEL 3 Rerata nilai ketebalan kornea pasca bedah.....	38
TABEL 4 Rerata nilai <i>flare</i> pasca bedah.....	39
TABEL 5 Rerata nilai variabel selama pembedahan.....	43
TABEL 6 Visus pasca bedah hari ke-1.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Formulir penelitian.....	62
LAMPIRAN 2 Lembar informasi pasien.....	65
LAMPIRAN 3 Formulir persetujuan pasien.....	67
LAMPIRAN 4 Keterangan lolos kaji etik.....	68
LAMPIRAN 5 Tabel induk.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1. Latar Belakang

Pembedahan katarak dengan fakoemulsifikasi saat ini makin meningkat popularitasnya di seluruh dunia.¹ Lebih dari 85% pembedahan katarak di Inggris dan Amerika menggunakan fakoemulsifikasi.² Peningkatan ini disebabkan adanya beberapa keunggulan fakoemulsifikasi dibandingkan dengan manual ekstraksi katarak ekstra kapsular (EKEK), diantaranya adalah waktu penyembuhan luka yang lebih singkat, insiden inflamasi dan induksi astigmatisma pasca operasi yang lebih rendah.¹ Selain itu, lebih dari 90% pasien dapat mencapai visus (*uncorrected visual acuity*, UCVA) lebih atau sama dengan 6/12 dan komplikasi yang mengancam penglihatan juga lebih jarang terjadi.³

Prinsip dasar fakoemulsifikasi adalah dengan memanfaatkan energi ultrasonik melalui *phacoemulsification tip* (*phaco tip*) untuk menghancurkan lensa. *Phaco tip* bergerak dengan frekuensi ultrasonik antara 25.000 Hertz (25 kHz) dan 60 kHz (umumnya digunakan 40 kHz), dengan gerak longitudinal (maju-mundur).⁴ Gerakan *phaco tip* akan menghasilkan energi mekanik (efek *jackhammer*) dan kavitasi, yang dapat menghancurkan katarak.^{4,5}

Meski memiliki keunggulan, operasi fakoemulsifikasi yang baik dan tanpa komplikasi intraoperatif ternyata dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan densitas endotel kornea yang mencapai 4%-25%, sehingga terjadi edema kornea.^{6,7} Edema kornea merupakan komplikasi tersering (4,4%-13%) yang terjadi dalam 48 jam pasca fakoemulsifikasi.⁸

Faktor penyebab kedua hal tersebut diketahui berkaitan dengan panas dan trauma mekanik selama fakoemulsifikasi. Sumber panas berasal dari proses konversi listrik menjadi mekanik dan saat friksi pada luka insisi.⁹ Dampak terhadap endotel akan makin besar saat dilakukan fakoemulsifikasi pada nukleus dengan densitas makin keras, karena dibutuhkannya energi lebih besar dan waktu fakoemulsifikasi (*phaco time*) yang lebih lama.¹⁰ Faktor mekanik akibat turbulensi cairan, gelembung udara (efek kavitasi), besarnya arus irigasi,

instrumen bedah, fragmen lensa dan *intra ocular lens* (IOL); maupun pelepasan radikal bebas, juga berperan dalam mengurangi densitas endotel.^{1,10,11}

Trauma pembedahan fakoemulsifikasi dapat menimbulkan inflamasi melalui peran prostaglandin.¹² Pelepasan prostaglandin meningkatkan permeabilitas *blood aqueous barrier* (BAB), sehingga konsentrasi protein di bilik mata depan (BMD) akan meningkat.¹³ Besarnya gangguan endotel kornea dan inflamasi dianggap sebagai parameter penting trauma bedah dan dapat memprediksi keamanan bedah katarak.⁷ Beberapa metode untuk memantau perubahan endotel di antaranya dengan pengukuran densitas endotel (*endothelial cell count*) dan ketebalan kornea; sedangkan inflamasi diukur dengan jumlah *flare* di BMD.¹⁴

Karena alasan tersebut, maka teknologi fakoemulsifikasi sampai saat ini masih terus dikembangkan. Inovasi terutama ditujukan di bidang fakodinamik, modulasi power maupun komponen mesin fakoemulsifikasi untuk mengurangi total energi yang masuk ke mata selama proses emulsifikasi, sehingga keamanan fakoemulsifikasi dapat ditingkatkan.¹⁵⁻¹⁸

Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah modifikasi pada *handpiece phaco*. *Handpiece phaco* memiliki bagian tip (*needle*) yang akan meneruskan getaran ultrasonik dengan gerakan longitudinal untuk menghancurkan lensa.⁴ Gerakan tersebut menjadi dasar proses fakoemulsifikasi pada teknologi yang selama ini telah banyak digunakan. Meski efektif, fakoemulsifikasi longitudinal dengan efek *jackhammer*-nya dianggap kurang efisien karena hanya memanfaatkan gerakan maju untuk emulsifikasi lensa dan berpotensi menimbulkan friksi yang besar di luka insisi seiring dengan lamanya waktu fakoemulsifikasi.¹⁹

Saat ini telah diperkenalkan modalitas fakoemulsifikasi terbaru, yaitu fakoemulsifikasi torsional.²⁰ Modalitas ini bertujuan mengurangi trauma pembedahan dan mempercepat rehabilitasi visus pasca operasi. Sama seperti modalitas fakoemulsifikasi sebelumnya, fakoemulsifikasi torsional juga memanfaatkan energi ultrasonik. Perbedaannya terletak pada gerakan, *phaco tip* dan frekuensi ultrasonik yang digunakan untuk emulsifikasi lensa. Dengan

frekuensi ultrasonik 32 kHz, *phaco tip* akan bergerak secara torsional (ke lateral kiri dan kanan) untuk mengemulsifikasi lensa. Penggunaan fraksi energi pada fakoemulsifikasi torsional diharapkan dapat meminimalkan energi panas yang dihasilkan. Gerakan *phaco tip* juga bertujuan meningkatkan efisiensi emulsifikasi nukleus (*stroke length*) dan *followability*, serta menghilangkan pentalan (*repulsion*) nukleus, terutama pada nukleus dengan densitas keras, sehingga *phaco time* makin singkat dan penggunaan cairan (*balanced saline solution*, BSS) selama fakoemulsifikasi dapat dikurangi.^{20,21}

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk membuktikan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dibandingkan longitudinal. Bedah katarak yang aman dan efisien merupakan salah satu faktor untuk mencapai target tajam penglihatan pasca bedah kategori baik berdasarkan kriteria *World Health Organization* (WHO), yaitu lebih dari 6/18.²²

I. 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apakah fakoemulsifikasi torsional lebih aman dibandingkan dibandingkan fakoemulsifikasi longitudinal?
2. Apakah fakoemulsifikasi torsional lebih efisien dibandingkan dengan fakoemulsifikasi longitudinal?

I. 3. Tujuan Penelitian

I. 3. 1. Tujuan umum

Penelitian ini bertujuan membuktikan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional.

I. 3. 2. Tujuan khusus

Untuk parameter keamanan:

1. Mendapatkan perbedaan selisih hitung endotel dan ketebalan kornea pra dan pasca bedah (hari ke-1 dan ke-7) katarak dengan fakoemulsifikasi torsional dibandingkan longitudinal
2. Mendapatkan nilai inflamasi (*flare*) pra dan pasca bedah (hari ke-1 dan ke-7) katarak dengan fakoemulsifikasi torsional dibandingkan dengan longitudinal

Untuk parameter efisiensi:

1. Mendapatkan perbedaan nilai *phaco time* antara fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal
2. Mendapatkan perbedaan jumlah BSS yang dipakai pada fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal

I. 4. Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat untuk bidang ilmu

1. Diharapkan dapat menambah khasanah pengetahuan tentang fakoemulsifikasi torsional
2. Menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut.

1.4.2 Manfaat untuk pelayanan kesehatan

- Diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam upaya memberikan pelayanan operasi katarak yang terbaik (dengan trauma dan inflamasi yang minimal)

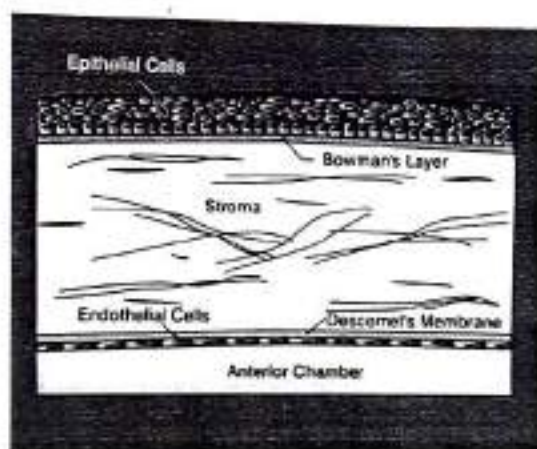
1.4.3 Manfaat untuk pasien

- Diharapkan dapat menambah pilihan teknik operasi katarak.

BAB II KERANGKA TEORI

II.1 Endotel kornea

Kornea secara histologis terdiri atas 5 lapis, yaitu epitel, membrana Bowman, stroma, membrana Descemet, dan endotel.^{23,24} (Gambar 1) Endotel kornea terletak paling posterior yang berhadapan dengan BMD. Endotel kornea merupakan selapis sel, terdiri atas sel poligonal berdiameter $20\mu\text{m}$, dengan ketebalan $4-6\mu\text{m}$ dan lebar $20\mu\text{m}$.²⁴ Pada usia dewasa, jumlah rerata endotel sebesar 2400 sel/mm^2 (rentang $1500-3500\text{ sel/mm}^2$).²⁵



Gambar 1. Skema lapisan kornea

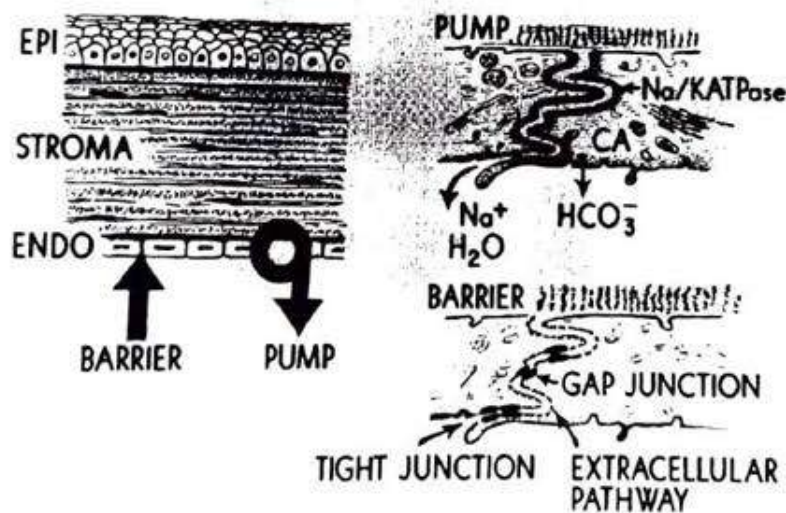
(Dikutip dari: <http://www.onset.unsw.edu.au/issue2/Contactlenses/Cornea.jpg>)

Sel endotel berisi nukleus dan organel sitoplasma, termasuk mitokondria, retikulum endoplasma, ribosom dan badan Golgi.^{24,27} Ini menandakan bahwa endotel merupakan sel yang aktif secara metabolik dan sekretorik dan memungkinkan endotel menjalankan fungsi pompa dan menghasilkan protein.^{23,27} Protein yang dihasilkan adalah enzim, protein struktur dan protein yang menjadi bagian matriks ekstraseluler (membrana Descemet).^{14,27,28} Permukaan anterior endotel berbentuk datar dan berbatasan langsung dengan membrana Descemet, sedangkan permukaan posterior terdapat mikrovili dan lipatan marginal yang

menonjol ke BMD.^{23,27} Lipatan tersebut bertujuan memperluas permukaan endotel yang kontak dengan akuos humor.²³

II.1.1 Fisiologi

Endotel memiliki fungsi penting dalam mempertahankan ketebalan dan kejernihan kornea, dengan menyeimbangkan kadar cairan dan elektrolit antara bagian dalam dan luar kornea.¹⁴ Keseimbangan diperoleh melalui kombinasi antara fungsi sawar *permeable* pada *apical junction (tight junction)* dengan aktifitas pompa endotel natrium-kalium ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$).^{14,23,24,27} (Gambar 2) Pompa tersebut terletak pada membran basolateral endotel dan berjumlah $1,5 \times 10^6$ *pump sites* tiap sel.²⁷



Gambar 2. Lokasi sawar dan pompa endotel

(Dikutip dari: Waring GO, Bourne WM, Edelhauser HF, Kenyon KR. The corneal endothelium: normal and pathologic structure and function. Ophthalmology. 1982;89:531-90)

II.1.1.1 Fungsi sawar endotel

Fungsi sawar dilakukan oleh *tight junction* yang berada di apek endotel (*apical junction complex*). Rongga interselular yang berukuran 25-40 nm, akan menyempit menjadi 3 nm di area *junctional complex* di tepi apikal sel.^{14,24,27}

Tight junction bersifat permeabel. Dalam keadaan normal terjadi kebocoran cairan ke dalam stroma kornea dengan derajat yang sama dengan

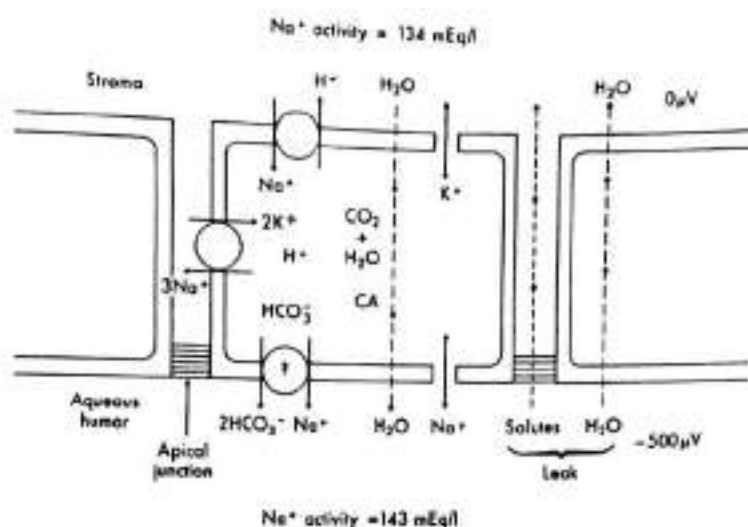
kemampuan pompa metaboliknya, sehingga akan selalu dipertahankan kandungan air di stroma tetap sebesar 78% dengan rerata ketebalan kornea sebesar 0,52 mm.¹⁴

II.1.1.2 Fungsi pompa endotel

Fungsi pompa endotel bertujuan sebagai sistem traspor ion yang akan menyeimbangkan imbibisi air ke dalam stroma. Pompa endotel yang utama adalah pompa (Na^+ - K^+). Dengan bantuan enzim *adenosin triphosphatase* (ATPase), pompa dapat berfungsi untuk proses pertukaran ion Na^+ dan K^+ . Konsentrasi Na^+ di akuos humor sebesar 143 mEq/l, sedangkan di stroma sebesar 134 mEq/l. Perbedaan ini menghasilkan gradien osmotik yang akan mengalirkan Na^+ ke dalam stroma dan mengeluarkan K^+ ke akuos.²³ Aliran ion Na^+ tersebut akan disertai dengan aliran air, sehingga bila terjadi ketidakseimbangan antara ion Na^+ dan K^+ (Na^+ di stroma lebih banyak), dapat menyebabkan edema kornea. Pertukaran ion oleh pompa endotel akan menghasilkan gradien osmotik yang akan menarik air ke luar stroma.^{24,27}

Karbon dioksida (CO_2) juga berdifusi ke sitoplasma. CO_2 bersama air (H_2O), dengan bantuan karbonik anhidrase sebagai katalis, akan membentuk ion hidrogen (H^+) dan bikarbonat (HCO_3^-). Transpor HCO_3^- akan mempertahankan potensial membran sebesar $-500 \mu\text{V}$. Ion bikarbonat berperan dalam mempertahankan ketebalan kornea. *In vitro*, bila reaksi ini dihambat oleh *carbonic anhidrase inhibitor*, akan menyebabkan terjadinya edema kornea, meski dampak tersebut tidak sebesar apabila Na^+/K^+ ATPase yang dihambat.^{27,29}

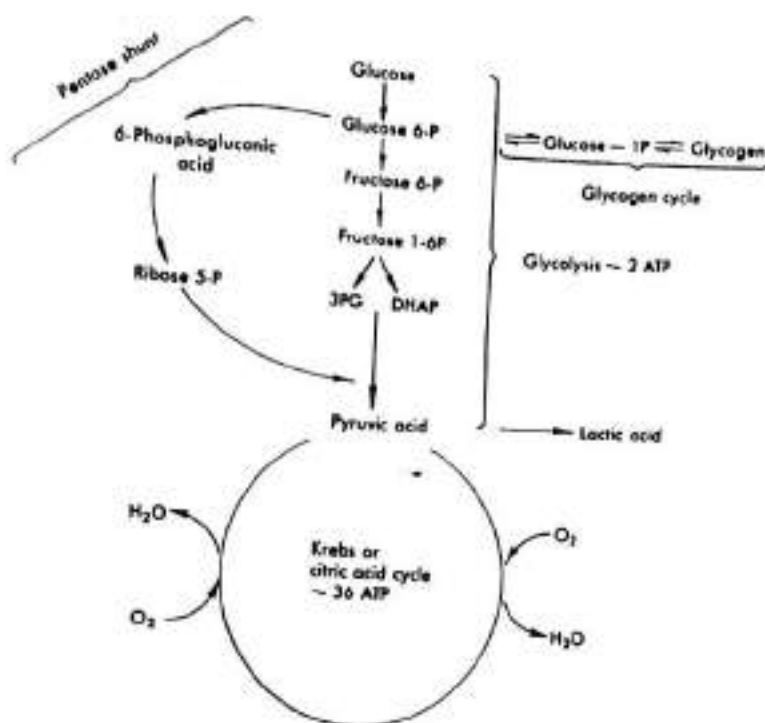
(Gambar 3)



Gambar 3. Skema mekanisme pompa endotel

(Dikutip dari: Edelhauser HF, Uebels JL: The cornea and the sclera. In: Kauman PL, Alm A, editors. Adler's physiology of the eye: clinical application. 10th ed. St. Louis: Mosby, 2003; p.47-97)

Mitokondria pada sitoplasma endotel akan memetabolisme glukosa dan menyediakan *adenosine triphosphate* (ATP) sebagai energi untuk berfungsinya pompa tersebut.²⁷ Energi yang dibutuhkan oleh pompa endotel terutama dihasilkan dari glikolisis baik dalam bentuk metabolisme oksidatif maupun nonoksidatif. Pada keadaan oksidatif, metabolisme glukosa melalui siklus Krebs dan menghasilkan 36-38 *adenosin triphosphate* (ATP). Pada keadaan di mana suplai oksigen berkurang, kornea mendapatkan energi dari jalur metabolisme glikolisis anaerob.³⁰ Glikolisis anaerob akan mengkonversi glukosa menjadi piruvat dan akan menghasilkan 2 ATP. Apabila suplai oksigen kembali normal dan keadaan metabolisme menjadi aerob, piruvat memasuki siklus Krebs. (Gambar 4)



Gambar 4. Metabolisme kornea

(Dikutip dari: Edelhauser HF, Ubels JL: The cornea and the sclera. In: Kauman PL, Alm A, editors. Adler's physiology of the eye: clinical application. 10th ed. St. Louis: Mosby, 2003; p.47-97)

Glukosa, asam amino, vitamin maupun nutrien lain sebagai sumber metabolisme kornea berasal dari humor akuos (melalui korpus siliar), dan sebagian kecil berasal dari air mata atau pembuluh darah limbus. Glukosa juga dapat diperoleh dari simpanan glikogen di epitel kornea.²⁷

Trauma bedah, inflamasi, peningkatan tekanan intra okular (TIO) dan materi toksik berpotensi mengganggu fungsi dan mengurangi jumlah endotel.^{14,31,32} Selanjutnya terjadi perubahan kadar elektrolit, sehingga cairan dapat berdifusi (dengan laju sawar lebih besar daripada kemampuan pompa endotel) dan terakumulasi ke dalam stroma. Akumulasi cairan tersebut akan mengganggu struktur serat kolagen yang menyusun stroma, sehingga terjadi kekeruhan kornea dan cahaya yang masuk ke mata akan terlihat berpendar.^{27,32}

II.1.1.3 Penuaan terhadap endotel






Jumlah endotel akan berkurang seiring dengan usia. Pada bulan pertama kehidupan, jumlah endotel sebesar 6000 sel/mm² dan berkurang menjadi 3500

sel/mm² saat anak-anak.³¹ Setelah usia 18 tahun, penurunan jumlah endotel terjadi dengan rerata kehilangan sebesar 0,6% per tahun.^{14,31,33} Diduga yang menjadi penyebab adalah peningkatan diameter kornea, perubahan hormonal dan lingkungan, seperti paparan ultraviolet dan bahan kimia.^{33,34}

II.1.1.4 Proses penyembuhan endotel

Endotel tidak memiliki kemampuan beregenerasi setelah trauma. Kehilangan endotel akibat trauma pembedahan, penyakit, maupun penuaan akan mengalami proses penyembuhan dilakukan melalui mekanisme migrasi sel, penyusunan kembali (*rearrangement*) dan pembesaran (*enlargement*) sel residual.³⁵

Yee³⁶ dan kawan-kawan melaporkan bahwa penyembuhan endotel berlangsung dalam 3 tahap dan fungsi endotel terkait dengan morfologi yang dimilikinya. Tahap I berlangsung segera setelah trauma dan berlangsung sampai hari ketiga. Pada tahap tersebut terjadi migrasi endotel untuk menutupi defek dan disfungsi endotel berat yang ditandai dengan peningkatan ketebalan kornea dengan cepat. Pada saat defek sudah tertutup lengkap dan dicapai inhibisi kontak antar endotel, terjadi diferensiasi endotel menjadi pleomorfik dan poligonal, serta pembentukan ruang interselular dan *apical junction* (tahap II). Tahap III yang berlangsung pada hari ke-8 sampai ke-30 ditandai dengan *remodeling* endotel menjadi bentuk heksagonal yang normal, disertai dengan pulihnya densitas *pump site*, permeabilitas, maupun ketebalan kornea.³⁶ (**Gambar 5**)

STAGE	DAY	STATE OF HEALING	CORNEAL THICKNESS	PUMP	BARRIER	MORPHOLOGY
I	0-1 day	wound present	++	---	---	
	1-2 days	cells sliding, mitosis wound ↓ in size	++++	---	---	
	3 days	wound completely covered	+++	---	--	
II	4-6 days	establishment of monolayer	++	-	-	
	7 days		+	NL	NL	
III	8-30 days	remodeling of monolayer	NL	NL	NL	

Gambar 5. Tahapan penyembuhan luka endotel dan dihubungkan dengan ketebalan kornea, densitas pompa, permeabilitas dan morfologi (- = menurun; + = meningkat; NL = normal) (Dikutip dari: Yee RW, Geroski DH, Matsuda M, Champeau EJ, Meyer LA, Edelhauser HF. Correlation of corneal endothelial pump site density, barrier function, and morphology in wound repair. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1985;26:1191-201)

Beberapa *growth factor* berperan dalam proses penyembuhan kornea, diantaranya *epidermal growth factor* (EGF), *platelet-derived growth factor* (PDGF) dan *fibroblast growth factor* (FGF). Ketiganya berperan untuk menstimulasi migrasi, elongasi, maupun mengubah bentuk endotel.³⁷

II.2 Katarak senilis

II.2.1 Klasifikasi katarak

Katarak merupakan keadaan dimana terjadi kekeruhan pada serabut atau bahan lensa di dalam kapsul lensa, yang dapat terjadi akibat hidrasi lensa, denaturasi protein lensa atau akibat kedua-duanya. Katarak dapat diklasifikasikan berdasarkan kekerasan nukleus lensa. Klasifikasi katarak yang paling sering digunakan adalah *Lens Opacities Classification System* versi III (LOCS III).³⁸ Namun klasifikasi ini dianggap kurang praktis untuk penggunaan klinis sehari-hari. Untuk memudahkan, digunakan klasifikasi yang dikemukakan oleh Buratto³⁹

dan kawat kawat^{41,42} Klasifikasi ini berdasarkan pada derajat densitas kekerasan nukleus, yang dibagi menjadi⁴³

Gradasi 1: Nukleus lunak

Nukleus pada derajat ini berwarna agak keputihan dan sedikit keruh, dengan refleksi fundus yang masih mudah diperoleh. Tajam penglihatan biasanya masih lebih baik dari 6/12 dan usia penderita kurang dari 70 tahun.

Gradasi 2: Nukleus dengan kekerasan ringan

Warna nukleus mulai sedikit kekuningan dan sering memberikan gambaran seperti katarak subkapsularis posterior. Refleksi fundus juga masih mudah diperoleh. Tajam penglihatan berkisar 6/12 sampai 6/30.

Gradasi 3: Nukleus dengan kekerasan medium

Nukleus tampak berwarna kuning disertai dengan kekeruhan korteks berwarna keabu-abuan. Katarak jenis ini paling sering ditemukan. Tajam penglihatan penderita antara 3/60 sampai 6/30.

Gradasi 4: Nukleus keras

Warna nukleus sudah berwarna kuning kecoklatan, dengan refleksi dan keadaan fundus yang sulit dinilai. Tajam penglihatan biasanya antara 3/60-1/60.

Gradasi 5: Nukleus sangat keras

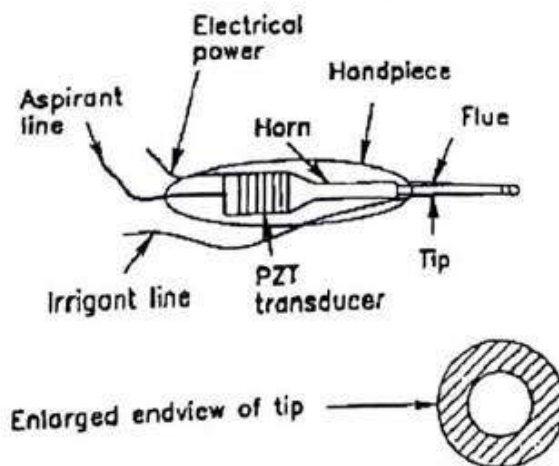
Nukleus telah berwarna kecoklatan bahkan sampai kehitaman dan sangat keras. Katarak jenis ini disebut juga *brunescent* atau *black cataract*. Tajam penglihatan biasanya hanya 1/60 bahkan lebih buruk. Usia penderita biasanya sudah melebihi 65 tahun.

Katarak dengan densitas keras lebih banyak ditemukan negara tropis dengan paparan sinar matahari tinggi. Ini terkait dengan lebih tingginya paparan ultraviolet yang memang telah diketahui berperan pada pembentukan katarak.^{41,42} Densitas nukleus akan mempengaruhi sulit tidaknya proses fakoemulsifikasi. Pada

umumnya, tiap langkah pembedahan katarak akan lebih sulit dilakukan pada keadaan densitas nukleus yang makin keras. Peningkatan densitas nukleus akan membutuhkan *power* ultrasonik yang lebih besar dan waktu yang lebih lama.⁴⁰ Kombinasi kedua hal tersebut menghasilkan panas yang berlebihan. Selain itu, sifat fragmen nukleus yang lebih kaku akan menurunkan *followability* dan meningkatkan terjadinya *chattering* pada *phaco tip*. Rangkaian peristiwa tersebut akan menimbulkan turbulensi berlebihan di BMD, sehingga mencederai endotel. Dengan demikian, maka hilangnya sel endotel dan edema kornea lebih banyak terjadi pada katarak dengan densitas makin keras.^{6,10}

II. 3. Prinsip kerja fakoemulsifikasi

Fakoemulsifikasi berasal dari 2 kata, yaitu fako yang berarti lensa dan emulsifikasi yang berarti menghancurkan menjadi bentuk yang lebih lunak. Emulsifikasi lensa terjadi melalui efek mekanik (*jackhammer*) dan kavitasi. Fakoemulsifikasi memanfaatkan frekuensi ultrasonik antara 25 KHz dan 60 KHz, yang berasal dari energi listrik yang diubah dan dihantarkan ke kristal silikon (sistem *piezzo electric*) di dalam *handpiece*.⁵ Kristal silikon akan menghasilkan getaran, lalu dihantarkan ke bagian *horn* yang berfungsi memperkuat (*amplifier*), dan diteruskan ke jarum (*tip/needle*) fakoemulsifikasi di ujung distal, sebagai energi mekanik untuk emulsifikasi lensa.^{4,43} (Gambar 6)



Gambar 6. Handpiece fakoemulsifikasi

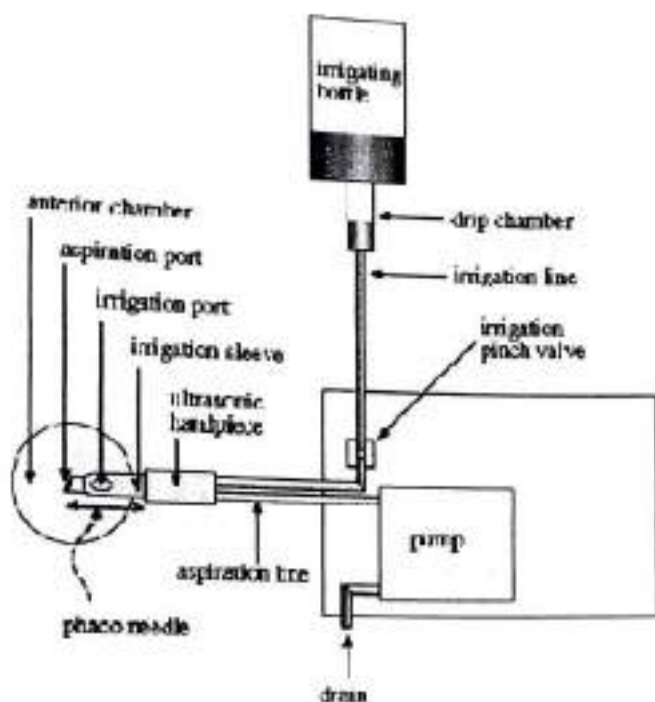
(Dikutip dari: <http://www.sfa.asso.fr/wcu2003/procs/website/articles/000400.pdf>)

Permukaan jarum fakoemulsifikasi memiliki kemiringan yang bervariasi, yaitu 0°, 15°, 30° dan 45°. Kemiringan tersebut akan mempengaruhi *impact surface* (k, perbedaan *outer tip* dengan *inner diameter*) pada lensa. Besarnya frekuensi ultrasonik yang dihasilkan telah ditentukan oleh mesin fakoemulsifikasi, namun amplitudonya masih dapat disesuaikan dengan situasi dan kondisi yang dihadapi, serta teknik yang digunakan melalui modulasi *ultrasound (U/S) power*. Jenis modulasi yang tersedia adalah *linear/continuous*, *pulse* dan *burst mode*. Modulasi U/S power dinyatakan dalam persentase (0%-100%) dan menggambarkan *stroke length* (besarnya jarak getaran jarum fako (*tip needle*)).⁴ Dengan demikian, maka energi mekanik yang dihasilkan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{Energi mekanik} = \text{phaco power} = k \times \text{frekuensi} \times \text{stroke length}$$

Efek kavitasi diperoleh dari gelembung-gelembung udara yang terbentuk akibat getaran *phaco tip* yang sangat cepat oleh getaran ultrasonik. Gelembung tersebut akan mengembang dan kolaps dengan cepat dan berulang-ulang, sehingga dapat mengemulsifikasi lensa.^{4,44}

Selain komponen ultrasonik, fakoemulsifikasi juga memanfaatkan aliran cairan BSS (fakodinamik) ke dalam (irigasi) dan ke luar (aspirasi) BMD yang membawa serta materi lensa. Sistem tertutup yang diadopsi oleh mesin fakoemulsifikasi mengharuskan keseimbangan antara cairan yang ke luar BMD dengan cairan yang keluar dari botol, sehingga BMD tidak kolaps. Aliran irigasi ditentukan oleh ketinggian botol BSS, dinyatakan dalam *cubic centimeters per menit* (cc/mnt); sedangkan aspirasi yang ditentukan oleh *vaccum* dinyatakan dalam *millimeter of Mercury* (mmHg).^{4,45} (Gambar 7)



Gambar 7. Sistem fakoemulsifikasi.

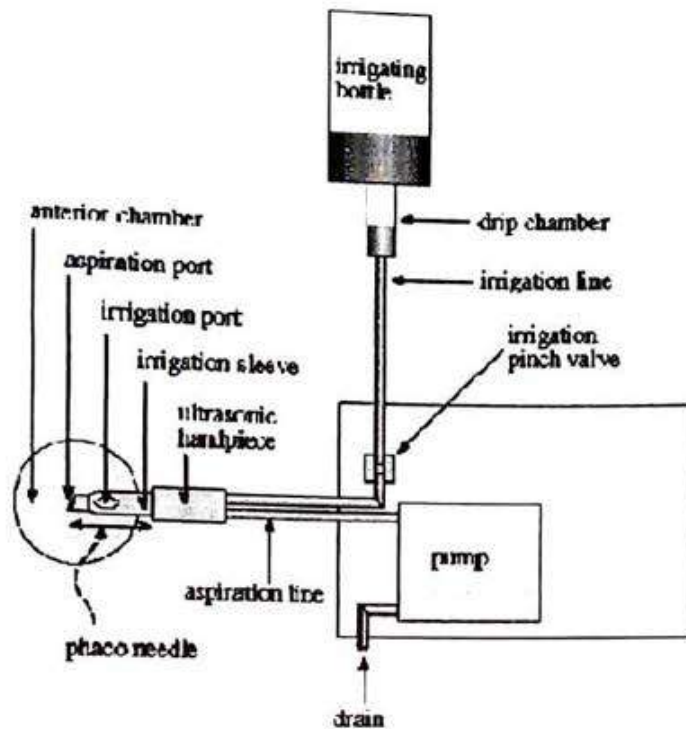
(Dikutip dari:

<http://www.opthalmic.hyperguides.com/default.asp?section=/tutorials/cataract/List.asp>)

Berbeda dengan *stroke length* yang cenderung mendorong nukleus, aspirasi berfungsi membantu materi lensa mendekati *phaco tip*. Ini disebut juga sebagai *followability*, yaitu kemampuan aliran cairan untuk membawa materi mendekati *phaco tip*.⁴ Selain untuk membawa materi lensa, cairan juga berfungsi sebagai pendingin *phaco tip*, sehingga semakin besar panas yang dihasilkan proses fakoemulsifikasi, maka cairan terpakai akan semakin banyak.

II.3.1 Prinsip kerja fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal

Fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal menggunakan prinsip kerja dan komponen yang sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, namun dengan frekuensi ultrasonik yang berbeda. Fakoemulsifikasi torsional memanfaatkan energi ultrasonik pada 32 kHz; sedangkan longitudinal pada 40 kHz. Selain frekuensi ultrasonik, arah gerakan *phaco tip* keduanya juga berbeda. Gerakan ke lateral (kiri-kanan) merupakan arah *phaco tip* pada fakoemulsifikasi



Gambar 7. Sistem fakoemulsifikasi.

(Dikutip dari:

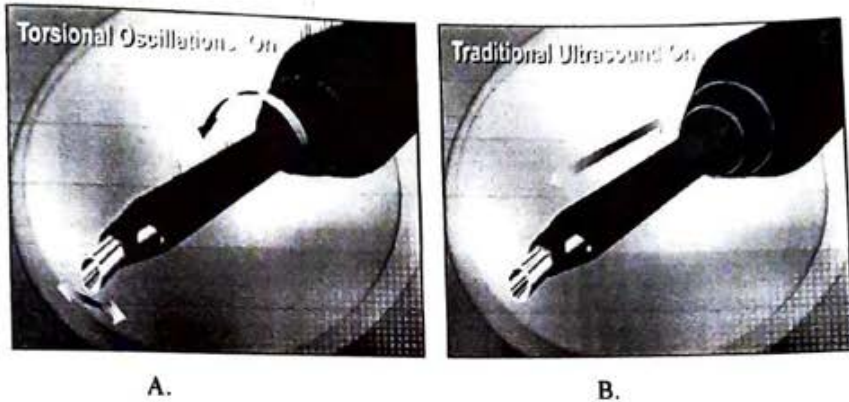
<http://www.opthalmic.hyperguides.com/default.asp?section=/tutorials/cataract/list.asp>)

Berbeda dengan *stroke length* yang cenderung mendorong nukleus, aspirasi berfungsi membantu materi lensa mendekati *phaco tip*. Ini disebut juga sebagai *followability*, yaitu kemampuan aliran cairan untuk membawa materi mendekati *phaco tip*.⁴ Selain untuk membawa materi lensa, cairan juga berfungsi sebagai pendingin *phaco tip*, sehingga semakin besar panas yang dihasilkan proses fakoemulsifikasi, maka cairan terpakai akan semakin banyak.

II.3.1 Prinsip kerja fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal

Fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal menggunakan prinsip kerja dan komponen yang sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, namun dengan frekuensi ultrasonik yang berbeda. Fakoemulsifikasi torsional memanfaatkan energi ultrasonik pada 32 kHz; sedangkan longitudinal pada 40 kHz. Selain frekuensi ultrasonik, arah gerakan *phaco tip* keduanya juga berbeda. Gerakan ke lateral (kiri-kanan) merupakan arah *phaco tip* pada fakoemulsifikasi

torsional; sedangkan fakoemulsifikasi longitudinal bergerak maju mundur.^{20,46}
(Gambar 8)

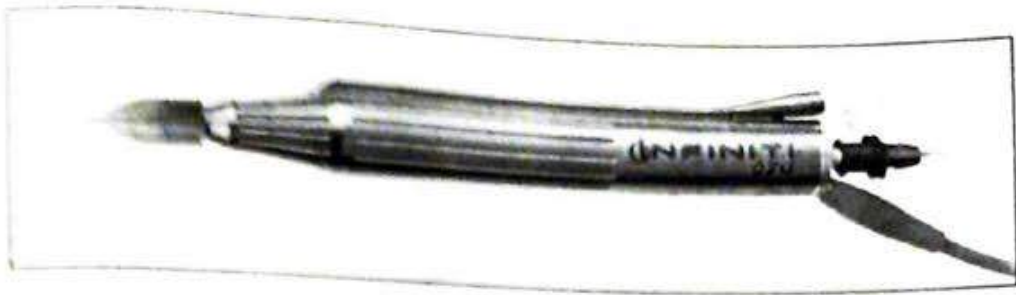


Gambar 8. Arah gerakan *phaco tip*: (A) fakoemulsifikasi torsional; (B) longitudinal
(Dikutip dari Boukhny M, Mackool R. Exploring and understanding the benefits of torsional phacoemulsification. EyeWorld 2006;2(2)Suppl:1-3)

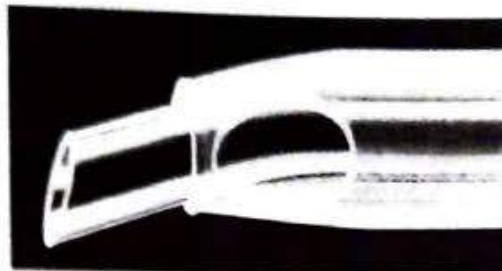
Stroke length fakoemulsifikasi torsional akan lebih besar dibandingkan longitudinal, meski dengan energi ultrasonik yang lebih kecil, karena ujung *phaco tip* tetap kontak dengan lensa saat bergerak ke sisi manapun. Gerakan tersebut menghasilkan efek *shearing*.²¹ Ini berbeda dengan fakoemulsifikasi longitudinal yang dominan menggunakan efek *jackhammer*; yang kontaknya dengan lensa hanya akan terjadi saat gerakan maju; sedangkan gerakan mundur berfungsi untuk menyediakan energi bagi gerakan maju berikutnya.¹⁹

Kombinasi gerakan torsional dan longitudinal sebelumnya telah diperkenalkan pada penggunaan *handpiece* NeoSoniX[®] (Alcon, Fort Worth, USA).^{47,48} Akan tetapi, NeoSoniX[®] (Alcon, Fort Worth, USA) memanfaatkan gelombang energi yang sangat rendah (100 Hz), sehingga kurang efektif untuk katarak dengan densitas keras.⁴⁹

Fakoemulsifikasi torsional yang digunakan saat ini menggunakan OZil[™] *handpiece* (Alcon, Fort Worth, USA) dan mesin fakoemulsifikasi Infiniti[™] Vision system (Alcon, Fort Worth, USA).^{20,50} (Gambar 9) OZil[™] *handpiece* menggunakan *phaco tip* dengan ujung lengkung.⁵¹ (Gambar 10)

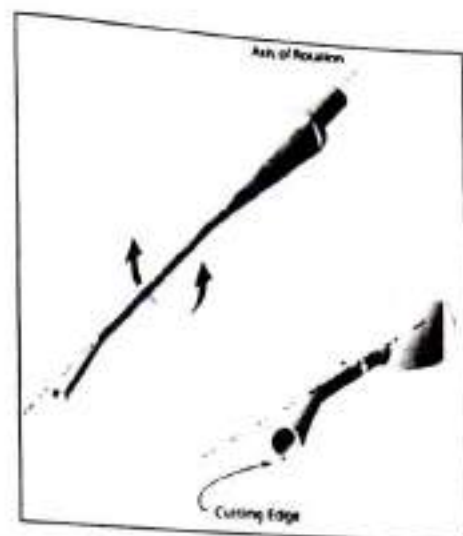


Gambar 9. Ozil™ handpiece
(Dikutip dari: http://www.opthalmologytimes.com/opthalmologytimes/data/articlestandard/opthalmologytimes/162006/320851/i2_t.jpg)



Gambar 10. Salah satu tip yang digunakan pada Ozil™ handpiece: Tapered Kelman® Microtip
ABS (Dikutip dari
http://a1008.g.akamai.net/7/1008/2226/b91ab8867998be/www.infinitevision.com/us_Nfiniti_Ctlg.pdf)

Penggunaan *phaco tip* dengan bentuk tersebut dapat mengurangi efek termis fakoemulsifikasi torsional. Energi emulsifikasi akan lebih terkonsentrasi di ujung *tip* daripada *shaft handpiece* pada luka insisi, dengan perbandingan 3:1 (friksi di luka insisi lebih kecil).^{50,53} (Gambar 11) Pada fakoemulsifikasi longitudinal, kecepatan ujung *tip* dengan *shaft* di luka insisi sama (1:1), sehingga berkemungkinan mengalami efek termis lebih besar. Penelitian pencitraan termis oleh Mackool⁵³ di mata kadaver menunjukkan perbedaan temperatur antara fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal. Pada U/S *power* 100% dan oklusi total (tanpa irigasi) selama 25 detik, temperatur luka insisi fakoemulsifikasi torsional mencapai 40° C, sedangkan longitudinal sebesar 70° C.



Gambar 11. Gerakan pada *shaft handpiece* dan *tip* fakoemulsifikasi torsional.
(Dikutip dari: Talsma J. Torsional phaco likely to change cataract surgery landscape.
Ophthalmology Times 2006;Sect.1)

Dengan gerakan torsional, diharapkan *repulsion* (pentalan) materi lensa di BMD berkurang dan *followability* meningkat. Selain itu, turbulensi di BMD dan penggunaan BSS selama fakoemulsifikasi, serta risiko kerusakan endotel dan edema pasca pembedahan juga menjadi minimal.^{46,54-56}

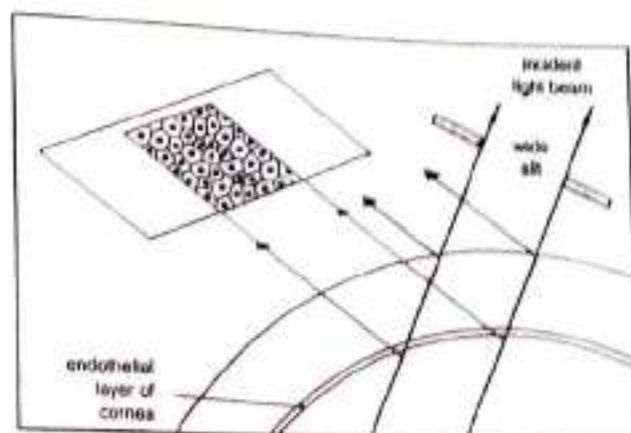
II.3.2 Komplikasi fakoemulsifikasi

II.3.2.1 Dampak terhadap kornea

Dampak terhadap kornea akibat fakoemulsifikasi dapat berupa luka bakar pada insisi maupun kerusakan endotel. Kerusakan endotel pada fakoemulsifikasi lebih kecil dibandingkan bedah katarak lainnya. Beberapa studi melaporkan besarnya kerusakan dan kehilangan endotel sebesar 6%-17%. Faktor penyebab kerusakan, baik langsung maupun tidak langsung, yaitu trauma mekanik (efek kavitasi, instrumen, turbulensi cairan, aliran irigasi, fragmen lensa, IOL), termis (energi ultrasonik, friksi oleh *handpiece*), maupun pelepasan radikal bebas.¹⁴ Baik fakoemulsifikasi torsional maupun longitudinal berpotensi menimbulkan kerusakan endotel karena faktor-faktor tersebut.

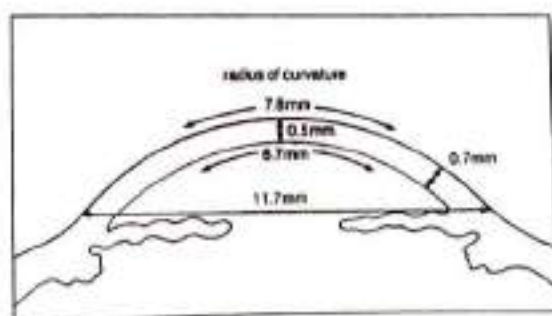
Kerusakan endotel menyebabkan ketebalan kornea, densitas dan morfologi endotel berubah. Pengukuran densitas endotel dan ketebalan kornea lebih sering dipakai pada berbagai penelitian untuk menilai keamanan fakoemulsifikasi.^{6,7} Dua

hal tersebut dapat dinilai dengan menggunakan *specular microscopy*. Prinsip dasar pemeriksaan ini adalah *specular reflection* yang difokuskan di endotel, untuk memperlihatkan mosaik endotel kornea, maupun *focal distance*, sehingga dapat diperoleh nilai ketebalan kornea.^{57,58} (Gambar 12) Ketebalan kornea tidak sama di semua bagian. Bagian sentral memiliki ketebalan 0,5 mm; sedangkan perifer 0,7 mm.²⁴ (Gambar 13)



Gambar 12. Prinsip *specular microscopy*

(Dikutip dari: Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter PA, editors. *Methods of ocular examination*. In: Spalton DJ, Hitchings RA, Holder GE, editors. *Slide atlas of clinical ophthalmology*. 2nd ed. London: Mosby-Wolfe, 1994; p.1.14)



Gambar 13. Dimensi kornea.

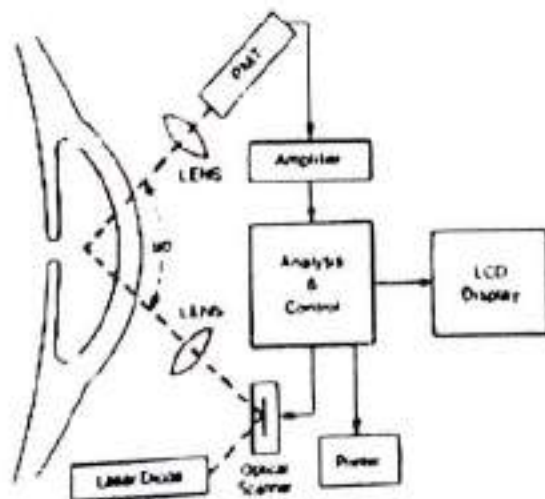
(Dikutip dari: Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter PA, editors. *The cornea*. In: Green WT, Kerr Muir MG, editors. *Slide atlas of clinical ophthalmology*. 2nd ed. London: Mosby-Wolfe, 1994; p.1.6)

Nilai rerata densitas endotel pada dewasa adalah 2400 sel/mm² (kisaran 1500-3500), dengan rerata ukuran sel sebesar 150-350 μm^2 .²⁵ Edema kornea akan terjadi apabila densitas endotel berjumlah $\pm <500-1000$ sel/mm² atau berkurang $<25\%-45\%$ dari densitas awal.¹⁷

II.3.2.2 Inflamasi pasca fakoemulsifikasi

Setiap pembedahan katarak dapat menimbulkan inflamasi dengan derajat bervariasi dan diketahui terjadi akibat peranan prostaglandin.¹² Trauma langsung terhadap jaringan uvea oleh instrumen bedah dan IOL, maupun tidak langsung melalui reaksi akibat adanya IOL yang dapat dianggap sebagai benda asing, menyebabkan kerusakan BAB, sehingga terjadi inflamasi.¹³ Efek panas, kavitasi, radikal bebas yang dihasilkan ultrasonik juga berperan untuk merusak BAB.^{11,61}

Peningkatan konsentrasi protein di BMD merupakan salah satu indikator adanya inflamasi dan kerusakan BAB. Bila konsentrasi protein melebihi 20 mg/mL, maka akan terjadi efek Tyndall, yang terlihat sebagai flare.⁶² Salah satu cara mendeteksi flare adalah dengan menggunakan *flaremeter*. Prinsip kerja *flaremeter* adalah dengan mengukur intensitas cahaya yang berpendar saat dijatuhkan sinar laser dioda di BMD. Intensitas cahaya yang berpendar sebanding dengan konsentrasi protein dan akan dideteksi oleh *photomultiplier* (PMT), kemudian dihitung. Nilai pemeriksaan *flaremeter* berada pada rentang 3-11,5 *photoncount/msec*.⁶³ (Gambar 14)



Gambar 14. Skema prinsip kerja *flaremeter*
(Dikutip dari: <http://www.keeler.co.uk/refraction/flaremeters.htm>)

Berbagai studi yang telah menilai gangguan BAB pasca bedah katarak dengan menggunakan *flaremeter* mendapatkan nilai *flare* tertinggi pada hari pertama pasca bedah, kemudian akan berkurang secara cepat dalam minggu pertama, dan dalam beberapa bulan berkurang perlahan sampai mencapai nilai pra bedah.^{65,66}

Inflamasi kronik (lebih dari 3-8 minggu) akibat kerusakan BAB yang masif pasca bedah katarak dapat menyebabkan dekompensasi endotel, sehingga akan memperlambat rehabilitasi visus dan memperpanjang waktu pengobatan.^{67,68}

BAB III KERANGKA KONSEPSIONAL

III. 1 Kerangka Konsep

1. Prevalensi katarak makin meningkat, seiring dengan peningkatan populasi dan angka harapan hidup usia lanjut. Peningkatan tersebut menyebabkan pembedahan katarak makin sering dilakukan.
2. Bedah katarak bertujuan optimalisasi tajam penglihatan disertai dengan masa pemulihan yang singkat.
3. Tujuan tersebut dapat dicapai salah satunya dengan fakoemulsifikasi. Selama ini digunakan fakoemulsifikasi longitudinal yang telah diketahui aman dan efisien dibandingkan EKEK.
4. Fakoemulsifikasi saat ini makin berkembang untuk mendapatkan modalitas yang paling aman dan efisien. Beberapa penelitian yang telah dilakukan di luar negeri pada pasien katarak dengan gradasi lunak (gradasi 1 dan 2), dengan menggunakan fakoemulsifikasi torsional, menyatakan bahwa fakoemulsifikasi torsional dianggap aman dan efisien.
5. Perbedaan antara fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal terletak dalam hal arah gerak ujung jarum fakoemulsifikasi.
6. Di Indonesia, gradasi katarak senilis didapat dengan densitas lebih keras dibandingkan negara maju. Fakoemulsifikasi pada katarak senilis dengan densitas keras lebih sulit untuk dilakukan dan dapat disertai berbagai penyulit intraoperatif yang akan mempengaruhi hasil pembedahan.
7. Keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal pada katarak senilis dengan densitas keras akan diteliti secara prospektif untuk mengetahui hasil yang dicapai oleh masing-masing jenis.
8. Keamanan akan dinilai melalui variabel densitas endotel, ketebalan kornea dan jumlah *flare* pasca bedah.
9. Efisiensi akan dinilai melalui variabel *phaco time* dan volume BSS terpakai selama fakoemulsifikasi.

III. 2 Hipotesis Penelitian

1. Fakoemulsifikasi torsional lebih aman dibandingkan dengan fakoemulsifikasi longitudinal.
2. Fakoemulsifikasi torsional lebih efisien dibandingkan dengan fakoemulsifikasi longitudinal.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

IV. 1. Desain penelitian

Penelitian ini adalah penelitian uji klinik acak tersamar tunggal dan merupakan penelitian pendahuluan.

IV. 2. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di *Jakarta Eye Centre*, selama bulan Desember 2006-Maret 2007, sampai jumlah sampel yang dibutuhkan mencukupi.

IV. 3. Populasi penelitian

- Populasi target adalah seluruh penderita katarak
- Populasi terjangkau adalah penderita katarak di *Jakarta Eye Centre*.
- Subyek penelitian adalah populasi terjangkau yang memenuhi kriteria inklusi dan bersedia ikut dalam penelitian.

IV. 4. Estimasi besar sampel

Besar sampel setiap kelompok dihitung dengan rumus perbandingan rerata antar kelompok tidak berpasangan, yaitu :

$$N_1 = N_2 = 2 \left[\frac{(Z_\alpha + Z_\beta)S}{X_1 - X_2} \right]^2$$

α = batas kemaknaan = 0,05

Z_α = deviat baku alfa, kesalahan tipe I, 5% = 1,64

Z_β = deviat baku beta, kesalahan tipe II, 20% = 0,84

S = simpang baku gabungan

$X_1 - X_2$ = selisih rerata minimal yang dianggap bermakna (*effect size*); 375 untuk densitas endotel

Simpang baku gabungan untuk penelitian ini belum dapat ditentukan karena belum ada data simpang baku tiap kelompok yang dibandingkan (torsional dan longitudinal), baik dari penelitian sebelumnya maupun data sendiri.

Jumlah sampel terkecil yang pernah dilakukan untuk penelitian semacam ini dan mencapai perbedaan bermakna adalah 10 untuk tiap kelompok.¹⁷ Atas dasar itu, maka dalam penelitian pendahuluan ini ditentukan besar sampel untuk masing-masing kelompok adalah 10.

IV. 5. Pemilihan sampel

IV. 5.1 Kriteria inklusi

- Katarak senilis dengan gradasi lebih atau sama dengan 3
- Berusia lebih atau sama dengan 40 tahun
- Tekanan intra okular (TIO) 10-21 mmHg
- Hitung sel endotel lebih atau sama dengan 1500 sel/mm²
- Tidak terdapat kondisi diabetes melitus, neovaskularisasi iris
- Tidak terdapat iregularitas kornea yang berpotensi mengganggu pengukuran: keratokonus, distrofi kornea, dan sikatrik kornea
- Tidak terdapat infeksi (konjungtivitis, keratitis) atau uveitis pada mata manapun
- Tidak terdapat riwayat operasi kornea atau intraokular sebelumnya.
- Pasien menginginkan operasi katarak

IV.5.2 Kriteria eksklusi

- Tidak bersedia diikutsertakan dalam penelitian

IV.5.3 Kriteria *drop out*

- Subjek yang setelah dilakukan randomisasi, tidak dapat melanjutkan penelitian atau tidak dapat diikutsertakan dalam analisis statistik yang terkait dengan parameter yang dinilai disebabkan:
 - Terjadi komplikasi selama fakoemulsifikasi

- Pemeriksaan selama tindak lanjut tidak dapat dilakukan atau tidak diperoleh

IV. 6 Cara kerja

Sampel yang diperoleh secara konsekutif dan memenuhi kriteria inklusi penelitian, dilakukan randomisasi blok dan dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu:

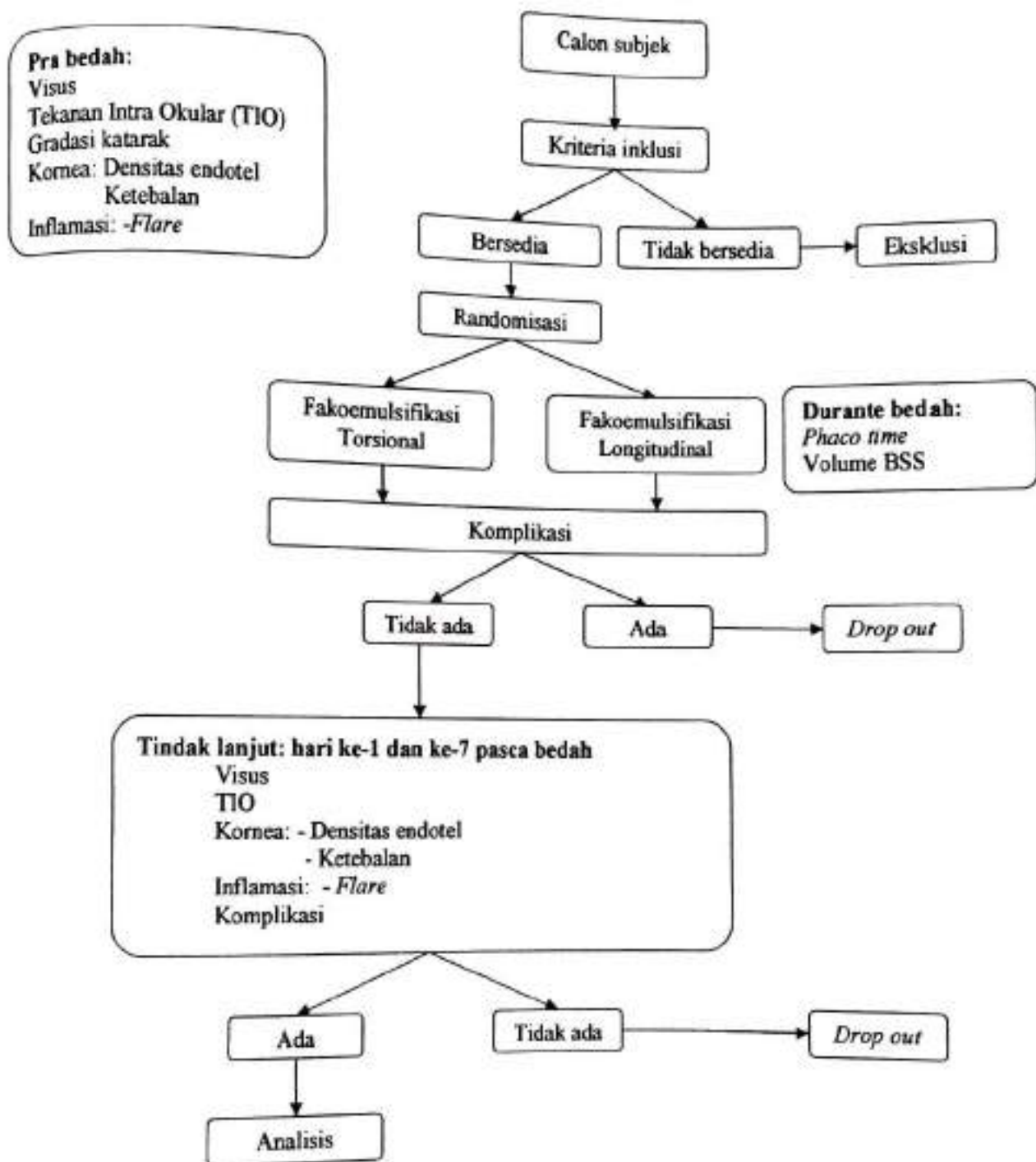
1. fakoemulsifikasi torsional
2. fakoemulsifikasi longitudinal

Randomisasi menggunakan piranti lunak Epicalc 2000 versi 1.02.

IV.6.1 Pemeriksaan sebelum dan sesudah operasi

Setiap subjek dari masing-masing kelompok akan menjalani pemeriksaan yang serupa, sebelum dan sesudah pembedahan untuk tujuan penelitian. Pemeriksaan yang dilakukan adalah pemeriksaan laboratorium rutin untuk persiapan operasi katarak, yaitu pemeriksaan darah rutin, waktu perdarahan dan waktu pembekuan, serta kadar glukosa darah puasa dan 2 jam setelah makan. Pemeriksaan oftalmologi yang dilakukan terdiri atas tajam penglihatan dengan dan tanpa koreksi, pemeriksaan segmen anterior dan posterior dengan menggunakan *slitlamp* dan oftalmoskop; pemeriksaan densitas endotel dan ketebalan kornea menggunakan *specular microscopy*, *flare* menggunakan *flaremeter*, serta pengukuran TIO menggunakan tonometer nonkontak.

IV. 6.2 Alur penelitian



IV. 6.3 Alat dan bahan yang digunakan

1. *Noncontact Specular microscopy* (Noncon Robo® SP 9000, Konan Inc, Tokyo)
2. *Laser Flare Cell Meter* (FM 500®, Kowa, Tokyo)
3. *Mesin phaco INFINITY™ Vision System* (Alcon, Fort Worth, Texas)
4. *Noncontact Tonometer* (KT-500®, Kowa, Tokyo)
5. *Ozil™ handpiece* (Alcon, Fort Worth, Texas)
6. *Kelman tapered ABS phaco tip* (Outer Diameter 0,9/0,97 mm; Inner Diameter 0,6/0,8 mm, 45°)
7. *Intra Ocular Lens jenis acrylic* (Acrysof®, model SA60AT, Alcon, Fort Worth, Texas)
8. *Balanced Saline Solution* (BSS Plus®, Alcon, Fort Worth, Texas)
9. *Blood Set* (Terumo®, TerumoCorp, Tokyo)
10. Gelas ukur 100 mL dan 500 mL
11. Tetes mata Lidokain 0,5% (Pantocaine®, Cendo, Bandung)
12. Tetes mata Tropikamid 1% (Midriatil®, Cendo, Bandung)
13. Tetes mata antibiotik Ofloksasin 0,3% (Floxa®, Cendo, Bandung)
14. Tetes mata kombinasi antibiotik Polimiksin B sulfat 6000 IU dan Neomisin sulfat 5 mg) dan kortikosteroid (Deksametason fosfat 1 mg) (Polydex®, Cendo, Bandung)
15. Viskoelastik Kondroitin sulfat (Viscoat®, Alcon, Fort Worth, Texas) dan NaHa (Provisc®, Alcon, Fort Worth, Texas)
16. Karbakol 0,01% (Miostat®, Alcon, Fort Worth, Texas)

IV.6.4 Teknik pemeriksaan

IV.6.4.1 *Specular Microscopy*

Pemeriksaan densitas dan ketebalan kornea dilakukan menggunakan *Noncontact Specular Microscopy* (Noncon Robo® SP 9000, Konan Inc, Tokyo) oleh petugas yang menguasai alat tersebut. Bila telah didapatkan minimal 50 *count* sel secara manual, maka akan dianalisis oleh alat tersebut untuk mendapatkan nilai sel/mm².

IV.6.4.2 Laser flare cell meter⁶³

Pemeriksaan *flare* dilakukan menggunakan *Laser Flare Cell Meter* (FM 500®, Kowa, Tokyo) oleh petugas yang menguasai alat tersebut. Pemeriksaan dilakukan tanpa dilatasi pupil pasien. Setiap kali pemeriksaan dilakukan sebanyak 7 kali pembacaan, perbedaan dengan nilai *background* kurang dari 15%, dan akan diambil nilai reratanya. Bila terdapat nilai 0 pada tiap pembacaan, maka akan diabaikan dan dilakukan pemeriksaan ulang.

IV.6.5 Teknik Pembedahan

Selama 3 hari pra bedah, pada mata yang akan dilakukan pembedahan, diberikan tetes mata Natrium diklofenak 0,1% (Noncort®, Cendo, Bandung) sebanyak 1 tetes setiap 6 jam. Pembedahan katarak dilakukan oleh satu orang operator (JH). Kedua teknik menggunakan prosedur yang sama, namun dengan *setting* mesin yang berbeda, yaitu:

Setting untuk torsional:

- I. U/S power, continuous, 100%; vacuum, 90mm Hg; aspiration flow rate, 27cc/menit
- II. U/S power, continuous, 100%; vacuum, 350mmHg; aspiration flow rate, 35cc/menit
- III. U/S power, continuous, 100%; vacuum, 300mmHg; aspiration flow rate, 30cc/menit

Setting untuk longitudinal

- I. U/S power, burst, 60%; 30% on; vacuum, 90mm Hg; aspiration flow rate, 27cc/menit
- II. U/S power, burst, 60%; 30% on; vacuum, 350mm Hg; aspiration flow rate, 35cc/menit
- III. U/S power, burst, 50%; 50% on; vacuum, 300mm Hg; aspiration flow rate, 30cc/menit

Pembedahan menggunakan teknik fakoemulsifikasi dengan prosedur sebagai berikut:

- Anestesi topikal dengan tetes mata Lidokain 0,5%
- Prosedur a- dan antisepsis dengan *Povidone iodine 5%*
- Dipasang blefarostat dengan spekulum tipe Lieberman
- Pada limbus bagian temporal dibuat *clear corneal incision* (ukuran 2,2 mm)
- Dimasukkan viskoelastik (*soft shell viscoelastic technique*)
- Dilakukan kapsuloreksis
- Dibuat insisi tembus kornea untuk *second instrument*
- Dilakukan emulsifikasi lensa dengan phaco tip (teknik *stop and chop*). *Sculpting* menggunakan setting I, *chop* menggunakan setting II, *segmen removal* menggunakan setting III.
- Setelah nukleus bersih, dilakukan aspirasi-irigasi sisa korteks
- Kembali dimasukkan viskoelastik, kemudian ditempatkan IOL *in the bag*
- Luka insisi ditutup dengan hidrasi kornea
- Irigasi/aspirasi sisa viskoelastik, kemudian injeksi karbakol 0,01% (Miostat®) untuk mengecilkan pupil
- Diberikan tetes antibiotik + kortikosteroid (Polydex®), mata diberi verban

Terapi pasca bedah diberikan setiap hari, selama 2 minggu, masing-masing satu tetes setiap 4 jam, yaitu:

- Tetes mata Ofloxacin 0,3% (Floxa®, Cendo, Bandung):
- Tetes mata kombinasi antibiotik Polimiksin B sulfat 6000 IU dan Neomisin sulfat 5 mg) dan steroid (Deksametason fosfat 1 mg) (Polydex®, Cendo, Bandung)

IV. 7. Manajemen dan analisis data

Data yang dinilai dan dicatat adalah:

IV.7.1 Data sebelum pembedahan

Umur, tajam penglihatan, TIO, gradasi katarak, densitas endotel, ketebalan kornea, nilai *flare*

IV.7.2 Data pada saat pembedahan

Phaco time, volume BSS, dan komplikasi yang terjadi (iris prolaps, hifema, ruptur kapsul posterior, prolaps vitreus).

IV.7.3 Data setelah pembedahan

Tajam penglihatan, TIO, densitas endotel, ketebalan kornea, nilai *flare*, ada tidaknya komplikasi pasca operasi. Data tersebut diperoleh pada saat tindak lanjut yang dilakukan pada hari ke-1 dan ke-7

IV.7.4 Analisis data

Data akan ditampilkan dalam bentuk tabel, diagram dan narasi. Untuk membandingkan densitas endotel, ketebalan kornea dan *flare* antara fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal digunakan *Repeated-measures (two-way ANOVA)* bila sebaran normal. Bila sebaran tidak normal, akan digunakan uji Mann-Whitney. Untuk membandingkan *phaco time* dan volume BSS antara kedua kelompok digunakan uji T tidak berpasangan bila sebaran normal, sedangkan bila tidak normal digunakan Mann-Whitney. Untuk membandingkan karakteristik subjek, digunakan uji T tidak berpasangan atau Mann-Whitney untuk variabel numerik; sedangkan bila variabel kategorik, digunakan uji Chi Square atau Kolmogorov-Smirnov. Data akan dinilai normalitasnya dengan Shapiro-Wilk. Nilai batas kemaknaan yang ditentukan adalah $p < 0,05$. Proses data dilakukan dengan menggunakan piranti lunak *Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows*, versi 13 (SPSS Inc, Chicago, IL).

IV. 8 Identifikasi variabel penelitian

Variabel independen: kelompok fakoemulsifikasi

Variabel dependen: densitas endotel, ketebalan kornea, nilai *flare*, *phaco time*, volume BSS

IV. 9 Definisi operasional

1. Katarak senilis adalah kekeruhan lensa akibat proses degenerasi. Dikelompokkan berdasarkan klasifikasi Buratto, yaitu:
 - Gradasi 1: nukleus halus, transparan atau abu-abu pucat
 - Gradasi 2: nukleus agak keras, abu-abu kuning, kekeruhan subkapsularis posterior
 - Gradasi 3: nukleus keras sedang, kekeruhan kortikal kuning abu-abu
 - Gradasi 4: nukleus sangat keras, cenderung coklat, antara kuning amber dan hitam
 - Gradasi 5: nukleus berwarna kecoklatan bahkan sampai kehitaman dan sangat keras, disebut juga *brunescent* atau *black cataract*
2. Visus adalah tajam penglihatan, dibedakan menjadi:
 - Visus tanpa koreksi (*uncorrected visual acuity*, UCVA)
 - Visus terbaik dengan koreksi (*best corrected visual acuity*, BCVA)Visus diukur menggunakan *Snellen chart*, dinyatakan dalam desimal dan merupakan variabel numerik
3. Tekanan intra okular (TIO) adalah tekanan bola mata yang diukur dengan tonometer non kontak; dinyatakan dalam mmHg dan merupakan variabel numerik
4. Densitas endotel adalah banyaknya sel endotel/mm²; diukur dengan *specular microscopy*, dinyatakan dalam sel/mm² dan merupakan variabel numerik
5. Ketebalan kornea adalah ketebalan sentral kornea; diukur dengan *specular microscopy*, dinyatakan dalam mikrometer (µm), merupakan variabel numerik
6. Volume BSS adalah banyaknya cairan BSS yang digunakan selama proses fakoemulsifikasi; diukur dengan gelas ukur, dinyatakan dalam mililiter

(mL) dan merupakan variabel numerik. *Balanced saline solution* diperoleh dengan melubangi bagian bawah kantong penampung cairan dari kaset di mesin fakoemulsifikasi dengan *inserter* infus set, kemudian mengalirkannya ke dalam gelas ukur 500 mL. Untuk menghitung volumenya, BSS dipindahkan lagi ke dalam gelas ukur 100 mL. Cairan ditampung sejak *phaco tip* dimasukkan dalam BMD dan mesin fakoemulsifikasi menyebutkan "*pre phaco*" dan dihentikan pada saat menyebutkan "*epinucleus*".

7. *Phaco time*, yaitu:

- *Effective Phaco Time (EPT)* adalah $U/S \text{ time} \times \text{rerata power } U/S / 100$. Nilai ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk emulsifikasi lensa bila 100% *power U/S* digunakan sepanjang prosedur. EPT tercatat di mesin fakoemulsifikasi, dinyatakan dalam *second (sec)* dan merupakan variabel numerik. Selanjutnya yang akan disebut sebagai waktu fakoemulsifikasi pada penelitian ini adalah EPT.
 - *U/S time* adalah waktu yang tercatat pada mesin fakoemulsifikasi, yang menunjukkan aktivitas gelombang *ultrasonik* (kaki pada pedal 3); dinyatakan dalam *second (sec)* dan merupakan variabel numerik
8. Inflamasi adalah banyaknya *flare* di BMD; diukur dengan *laser flaremeter*, dinyatakan dalam *photoncount/msec* dan merupakan variabel numerik
9. Komplikasi intraoperatif yang dapat mempengaruhi ketebalan kornea atau reaksi inflamasi adalah ruptur kapsul posterior, prolaps vitreus
10. Komplikasi pasca operasi yang dapat mempengaruhi ketebalan kornea atau inflamasi adalah endoftalmitis, glaukoma sekunder
11. Keamanan fakoemulsifikasi dinilai melalui densitas endotel, ketebalan kornea, dan *flare* pada hari ke-1 pasca bedah. Salah satu kelompok dinyatakan lebih aman apabila tiga parameter tersebut memiliki nilai lebih rendah dan terbukti bermakna secara statistik. Bila terdapat kurang dari 3 parameter yang bermakna secara statistik, maka akan dilakukan skoring dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Selisih hitung endotel pra dan pasca bedah hari ke-1
 - Bila salah satu kelompok memiliki nilai lebih rendah, maka akan diberi nilai 4; sedangkan bila lebih tinggi akan diberi nilai 1
- b. Selisih ketebalan kornea pra dan pasca bedah hari ke-1
 - Bila salah satu kelompok memiliki nilai lebih rendah, maka akan diberi nilai 3; sedangkan bila lebih tinggi akan diberi nilai 1
- c. Nilai inflamasi (*flare*) pasca bedah hari ke-1
 - Bila salah satu kelompok memiliki nilai lebih rendah, maka akan diberi nilai 2; sedangkan bila lebih tinggi akan diberi nilai 1

Salah satu kelompok yang memiliki nilai dengan jumlah terbesar dinyatakan lebih aman.

12. Efisien dinilai melalui EPT dan volume BSS. Salah satu kelompok dinyatakan lebih efisien apabila memenuhi kriteria, yaitu nilai EPT atau jumlah BSS terpakai memiliki nilai lebih rendah dan secara statistik terbukti berbeda bermakna

BAB V HASIL PENELITIAN

Penelitian berlangsung sejak Desember 2006 sampai dengan Maret 2007. Sebanyak 24 orang (24 mata) subjek penelitian dapat dikumpulkan secara konsekutif. Satu subjek kelompok longitudinal mengalami *drop out* disebabkan zonulisis intraoperatif.

Subjek penelitian dibagi menjadi 2 kelompok dengan alokasi random (randomisasi blok). Kelompok 1 dilakukan fakoemulsifikasi torsional, sedangkan kelompok 2 dilakukan fakoemulsifikasi longitudinal. Kelompok 1 terdiri atas 10 orang subjek (10 mata), sedangkan kelompok 2 terdiri atas 13 subjek (13 mata).

V. 1 Karakteristik Subjek

Sebaran subjek kedua kelompok berdasarkan karakteristik usia, TIO, gradasi katarak, densitas endotel, tebal kornea dan *flare* disimpulkan pada Tabel 1. Rentang usia subjek penelitian pada kelompok torsional adalah 45-78 tahun (rerata 63,8 tahun), sedangkan kelompok longitudinal adalah 44-86 tahun (rerata 64,7 tahun). Gradasi katarak sebagian besar merupakan gradasi 3. Rerata densitas endotel dan ketebalan kornea, serta *flare* berkisar pada rerata normal. Karakteristik kedua kelompok tidak berbeda bermakna secara statistik.

Tabel 1. Karakteristik subjek

Karakteristik	Kelompok		p
	Torsional (n=10) (Rerata ± SD)	Longitudinal (n=13) (Rerata ± SD)	
Usia (tahun)	63,8 ± 11,5	64,7 ± 12,7	0,853*
TIO (mmHg)	12,79 ± 3,02	12,60 ± 1,8	0,869*
Gradasi katarak (n mata)			1,000 †
- Gradasi 3	5	8	
- Gradasi 4	4	2	
- Gradasi 5	1	3	
Densitas endotel (sel/mm ²)	2487,5 ± 348,3	2433,3 ± 242,4	0,665*
Tebal kornea (µm)	545,2 ± 44,9	544,4 ± 44,4	0,970*
Flare (photoncount/msec)	2,32 ± 0,99	3,76 ± 2,89	0,068*

*Uji T tidak berpasangan

†Uji Kolmogorov-Smirnov

V.2 Keamanan

Parameter keamanan dinilai dengan densitas endotel, ketebalan kornea dan flare pasca bedah. Parameter ini hanya dapat dinilai dari 20 subjek karena tiga subjek gradasi 5 (kelompok longitudinal) tidak dapat diikutsertakan dalam penilaian selanjutnya akibat edema kornea berat pasca bedah. Edema tersebut menyebabkan tidak dapat dilakukannya pemeriksaan dengan *specular microscopy* dan *flaremeter*. **Tabel 2** menunjukkan rerata densitas endotel dan selisih endotel pada hari ke-1 dan ke-7 pasca bedah. Nilai rerata maupun selisih endotel kedua kelompok tersebut tidak berbeda bermakna secara statistik.

Tabel 2. Rerata nilai densitas kornea pasca bedah

Tindak lanjut	Kelompok		p^*	md	IK 95%
	Torsional (n=10) (Rerata \pm SD)	Longitudinal (n=10) (Rerata \pm SD)			
H1	2306,0 \pm 348,3	1997,2 \pm 459,1	0,097	308,8	(-61,79) - 679,39
H7	2121,0 \pm 316,7	2000,6 \pm 456,9	0,562	120,4	(-307,82) - 548,62
Δ pra-H1	181,5 \pm 393,5	452,9 \pm 498,2	0,193	-271,4	(-693,21) - 150,41
Δ pra-H7	366,5 \pm 343,4	449,5 \pm 461,4	0,654	-83,0	(-465,17) - 299,17

H1= hari ke-1

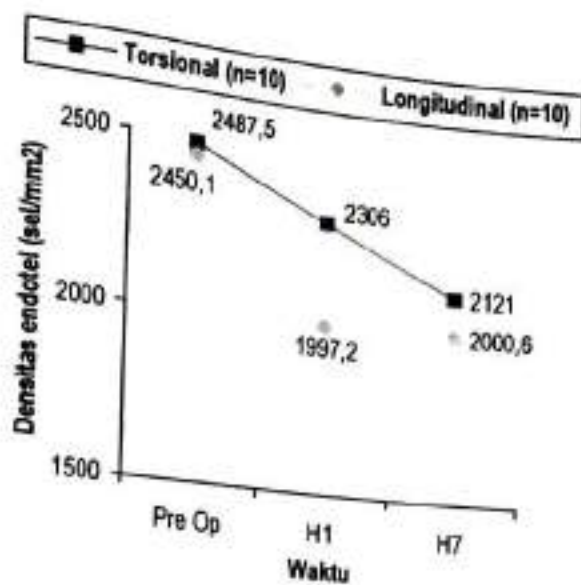
H7= hari ke-7

*Repeated-measures (two-way ANOVA)

md=mean difference

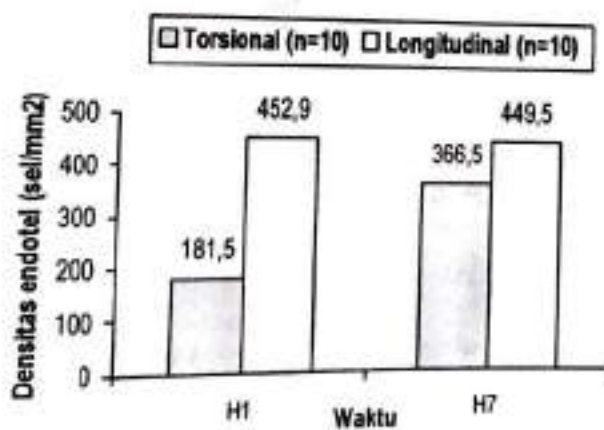
IK=interval kepercayaan

Gambar 15 memperlihatkan bahwa pada kedua kelompok terjadi penurunan densitas endotel hari ke-1 dan ke-7 pasca bedah. Penurunan pada kelompok longitudinal cenderung lebih besar dibandingkan kelompok torsional.



Gambar 15. Rerata densitas endotel pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Rerata kehilangan endotel pada hari ke-1 dan ke-7 pasca bedah cenderung lebih rendah pada kelompok torsional (7,2% dan 14,7%) daripada kelompok longitudinal (18,4% dan 18,3%). Kehilangan endotel terbesar terjadi pada hari ke-7. (Gambar 16)



Gambar 16. Rerata selisih endotel pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Tabel 3 menunjukkan rerata tebal kornea pasca bedah dan selisihnya dengan pra bedah. Antara kedua kelompok fakoemulsifikasi tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik.

Tabel 3. Rerata nilai ketebalan kornea pasca bedah

Tindak lanjut	Kelompok		p	md	IK 95%
	Torsional (n=10) (Rerata ± SD)	Longitudinal (n=10) (Rerata ± SD)			
H1	601,4 ± 59,3	606,7 ± 74,9	0,971†	-5,3	(-68,83) - 58,23
H7	558,3 ± 65,2	554,7 ± 42,2	0,885*	3,6	(-48,04) - 55,24
Δ H1-pra	56,2 ± 45,6	56,5 ± 92,8	0,993*	-0,3	(-69,07) - 68,47
Δ H7-pra	13,1 ± 59,2	4,5 ± 72,3	0,774*	8,6	(-53,51) - 70,71

H1=hari ke-1

H7=hari ke-7

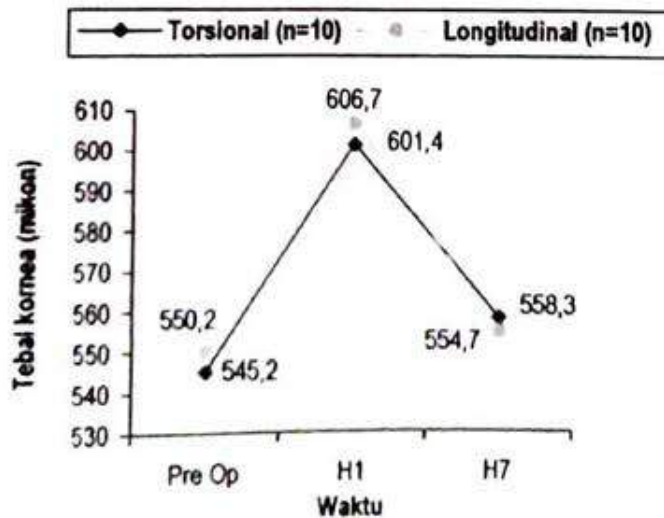
†Uji Mann-Whitney

md=mean difference

IK=interval kepercayaan

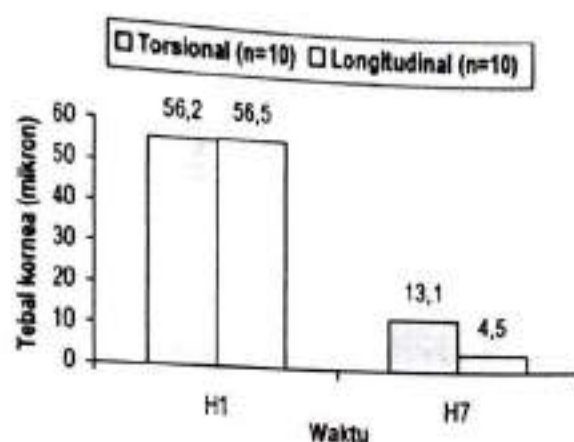
*Repeated-measures (two-way ANOVA)

Kedua kelompok menunjukkan kecenderungan peningkatan tebal kornea terutama pada hari ke-1 pasca bedah. Ketebalan kornea kembali menurun pada hari ke-7. (Gambar 17).



Gambar 17. Rerata ketebalan kornea pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Rerata selisih tebal kornea pada hari ke-1 pasca bedah cenderung lebih rendah pada kelompok torsional dibandingkan longitudinal. Peningkatan ketebalan kornea tertinggi terjadi pada hari ke-1. (Gambar 18)



Gambar 18. Rerata selisih ketebalan kornea pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Tabel 4 menunjukkan rerata flare pasca bedah dan selisihnya pada hari ke-1 dan ke-7 pasca bedah. Perbedaan antara kedua kelompok fakoemulsifikasi tidak bermakna secara statistik.

Tabel 4. Rerata nilai flare pasca bedah

Tindak lanjut	Kelompok		p	md	IK 95%
	Torsional (n=10) (Rerata ± SD)	Longitudinal (n=10) (Rerata ± SD)			
H1	8,82 ± 4,70	12,8 ± 7,22	0,161*	-3,98	(-9,70) - 1,74
H7	4,31 ± 2,74	5,91 ± 3,76	0,292*	-1,60	(-4,69) - 1,49
Δ H1-pra	6,50 ± 4,53	9,04 ± 6,76	0,337†	-2,54	(-7,95) - 2,87
Δ H7-pra	1,99 ± 2,40	2,15 ± 3,82	0,912*	-0,16	(-3,16) - 2,84

H1=hari ke-1

H7=hari ke-7

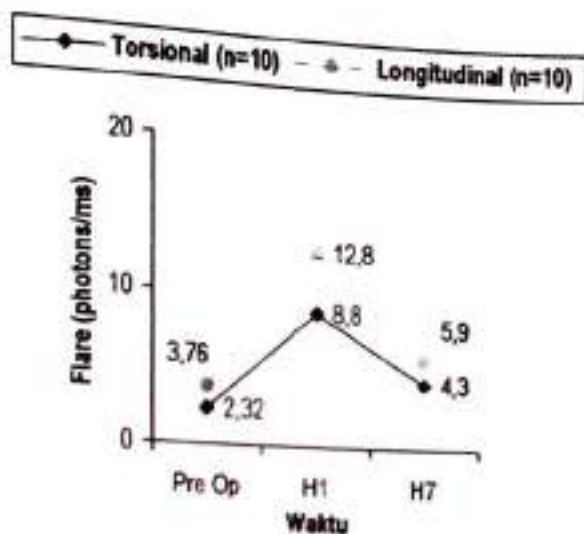
*Repeated-measure (two-way ANOVA)

md=mean difference

IK=interval kepercayaan

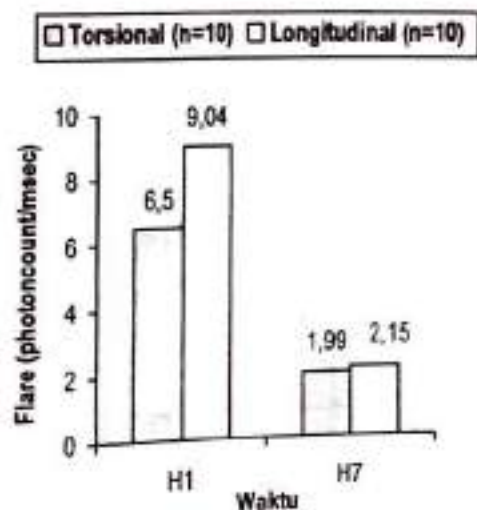
†Uji Mann-Whitney

Kecenderungan peningkatan intensitas flare pada BMD kelompok torsional dan longitudinal tertinggi terjadi pada hari ke-1 pasca bedah. (Gambar 19)



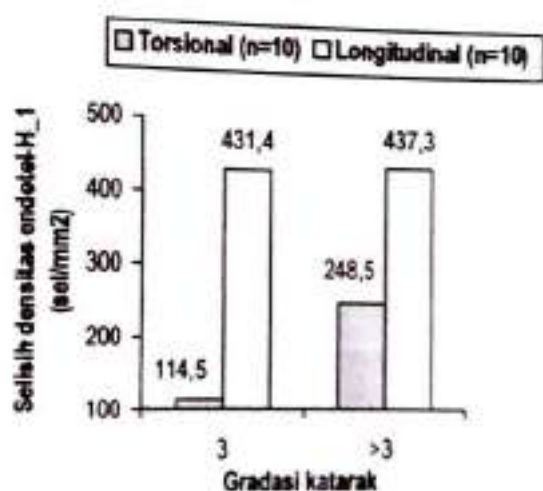
Gambar 19. Rerata nilai flare pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Rerata selisih intensitas flare pada hari ke-1 dan ke-7 pasca bedah cenderung lebih rendah pada kelompok torsional dibandingkan longitudinal. Selisih intensitas flare tertinggi terjadi pada hari ke-1 pasca bedah. (Gambar 20)

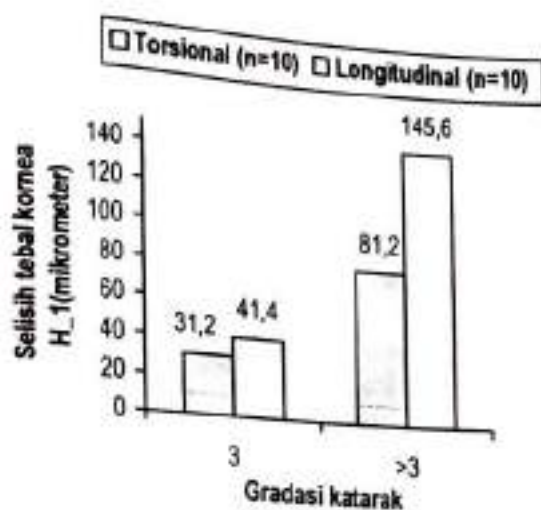


Gambar 20. Rerata selisih nilai flare pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

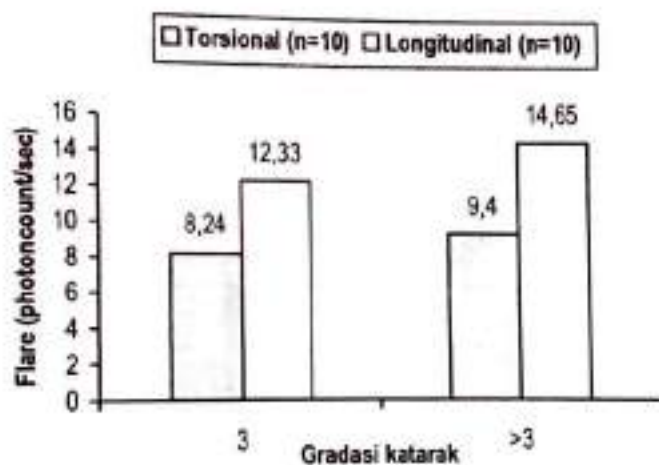
Karena pada penelitian ini diperkirakan ada perbedaan efek fakoemulsifikasi antar gradasi katarak, maka dilakukan stratifikasi parameter keamanan (selisih densitas endotel, selisih tebal kornea dan nilai *flare* hari ke-1 pasca bedah) berdasarkan gradasi (**Gambar 21, 22 dan 23**). Untuk parameter ini stratifikasi dilakukan dengan tanpa menyertakan 3 subjek katarak gradasi 5 kelompok longitudinal yang mengalami edema kornea berat. Selanjutnya dilakukan penggabungan antara gradasi 4 dan 5 karena kelompok longitudinal menjadi tidak memiliki subjek gradasi 5, sedangkan torsional memiliki 1 subjek. Selisih hitung densitas endotel dan tebal kornea antara pra dan pasca bedah hari ke-1, serta nilai *flare* cenderung makin meningkat seiring dengan meningkatnya gradasi katarak.



Gambar 21. Stratifikasi variabel selisih hitung densitas endotel hari ke-1 berdasarkan gradasi katarak



Gambar 22. Stratifikasi variabel selisih tebal kornea hari ke-1 berdasarkan gradasi katarak



Gambar 23. Stratifikasi variabel flare hari ke-1 berdasarkan gradasi katarak

Berdasarkan parameter keamanan, hipotesis pertama penelitian ini ditolak, sehingga fakoemulsifikasi torsional sama aman dengan fakoemulsifikasi longitudinal.

V. 3 Efisiensi

Parameter efisiensi dinilai selama fakoemulsifikasi berlangsung melalui nilai EPT dan volume BSS yang terpakai. Untuk parameter ini, seluruh subjek (23 orang, 23 mata) dapat diikutsertakan dalam analisis statistik. **Tabel 5** menunjukkan rerata nilai EPT dan volume BSS. EPT pada kelompok torsional lebih singkat daripada longitudinal dan volume BSS terpakai selama fakoemulsifikasi pada kelompok torsional lebih sedikit dibandingkan longitudinal. Nilai kedua parameter pada dua kelompok tersebut berbeda bermakna secara statistik.

Tabel 5. Rerata nilai variabel selama pembedahan

Variabel	Kelompok		p	md	IK 95%
	Torsional (n=10) (Rerata ± SD)	Longitudinal (n=13) (Rerata ± SD)			
EPT (sec)	17,85 ± 8,39	33,81 ± 24,53	0,045*	-15,97	-31,49-(-0,44)
Volume BSS (mL)	45,5 ± 8,8	83,6 ± 46,7	0,026†	-38,19	-66,83-(-9,56)

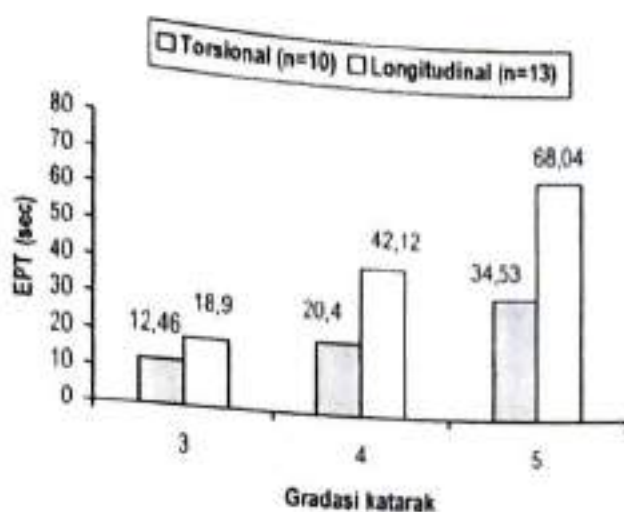
*Uji T tidak berpasangan

†Uji Mann-Whitney

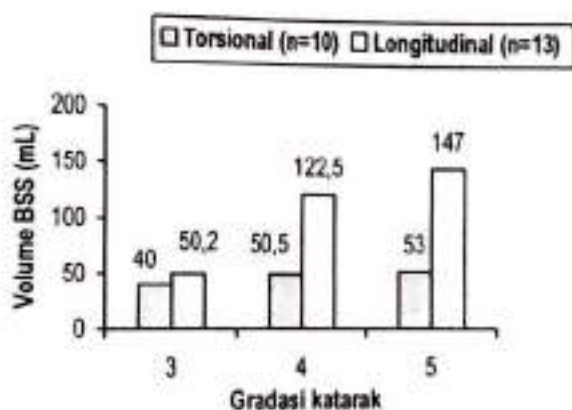
md=mean difference

IK=interval kepercayaan

Stratifikasi berdasarkan gradasi katarak juga dilakukan untuk parameter efisiensi dengan mengikutsertakan seluruh subjek penelitian dan dinilai pada masing-masing gradasi. (**Gambar 24 dan 25**) Gambar tersebut menunjukkan bahwa EPT dan volume BSS pada 2 kelompok menunjukkan kecenderungan peningkatan seiring dengan meningkatnya gradasi katarak.



Gambar 24. Stratifikasi variabel EPT berdasarkan gradasi katarak



Gambar 25. Stratifikasi variabel volume BSS berdasarkan gradasi katarak

Berdasarkan parameter efisiensi tersebut, hipotesis kedua penelitian ini diterima, sehingga fakoemulsifikasi torsional cenderung lebih efisien daripada fakoemulsifikasi longitudinal.

V. 4 Visus

Visus pasca fakoemulsifikasi hari ke-1 pada 20 subjek penelitian dapat dilihat pada **Tabel 6**. Hampir seluruh subjek penelitian memiliki UCVA maupun BCVA dengan kategori baik menurut WHO (0,3-1,0).

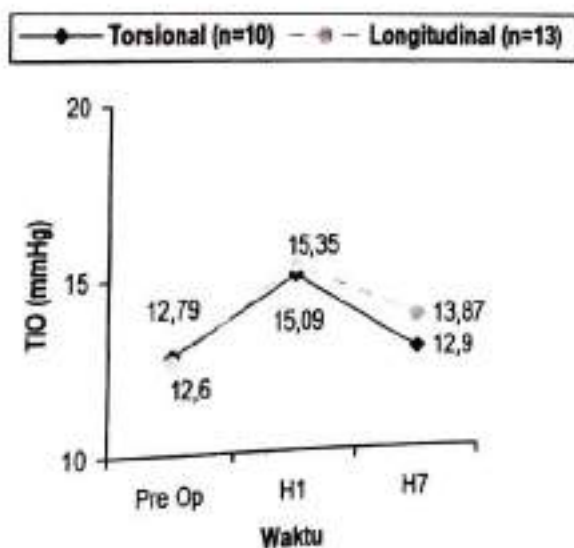
Tabel 6. Visus pasca bedah hari ke-1

Visus	Torsional (n=10)		Longitudinal (n=10)	
	UCVA	BCVA	UCVA	BCVA
Baik (0,3 - 1,0)	9	9	9	10
Sedang (0,1 - <0,3)	0	0	1	0
Buruk (<0,1)	1	1	0	0

UCVA= *UnCorrected Visual Acuity*
BCVA= *Best Corrected Visual Acuity*

V. 5 Tekanan Intra Okular

Pada kedua kelompok, tekanan intra okular meningkat paling tinggi pada hari ke-1 hari pasca bedah. (**Gambar 26**) Selama masa tindak lanjut hari ke-1 dan ke-7, TIO kedua kelompok fakoemulsifikasi tidak berbeda bermakna secara statistik ($p=0,777$ dan $p=0,410$).



Gambar 26. Rerata TIO pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

BAB VI PEMBAHASAN

Penelitian yang berlangsung selama 4 bulan ini bertujuan membuktikan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional pada katarak dengan densitas keras. Sejumlah 24 pasien dapat dikumpulkan, namun 1 subjek mengalami zonulisis intraoperatif, sehingga tidak dapat diikutsertakan dalam tahapan penelitian selanjutnya. Tiga orang subjek yang mengalami edema kornea berat pasca bedah dan tidak dapat dilakukan pemeriksaan dengan *specular microscopy* dan *flameter* tidak diikutsertakan dalam analisis statistik untuk parameter keamanan, namun masih bisa dianalisis untuk parameter efisiensi. Untuk menilai keamanan dipakai parameter densitas endotel, ketebalan kornea dan jumlah *flare* di BMD. Sebagai parameter efisiensi adalah EPT dan volume BSS terpakai. Karakteristik subjek pada awal penelitian tidak berbeda bermakna secara statistik. Rerata usia subjek penelitian kedua kelompok berada pada dekade ke 7. Beberapa kepustakaan menyatakan bahwa bertambahnya usia akan menurunkan densitas endotel, namun rerata densitas endotel pada kedua kelompok masih berada pada rentang normal (1500-3500 sel/mm²).^{28,31,33,34} Ini sesuai dengan rerata densitas endotel untuk dekade 7 yang didapatkan dari penelitian lain.^{69,70} Pada penelitian ini, tidak dapat diketahui apakah pada subjek telah terjadi penurunan densitas endotel sesuai usia karena tidak adanya data densitas endotel saat subjek berada pada dekade sebelumnya.

Penelitian ini dilakukan pada katarak dengan densitas keras berdasarkan klasifikasi Buratto (gradasi 3 sampai 5). Indonesia sebagai negara tropis dan dengan paparan ultraviolet tinggi menyebabkan katarak di negara ini lebih banyak dengan paparan ultraviolet tinggi menyebabkan katarak di negara ini lebih banyak ditemukan pada keadaan dengan densitas keras. Katarak berdensitas keras memiliki risiko terjadinya penyulit intra dan pasca bedah lebih tinggi dibandingkan dengan densitas lunak.¹⁰ Energi ultrasonik dan volume BSS yang lebih besar, serta tekanan pada *capsular bag* dan zonula zinii menjadi penyebab timbulnya penyulit.^{71,72} Pada penelitian ini didapatkan lebih banyak subjek dengan katarak gradasi 3. Ini kemungkinan disebabkan kesadaran maupun status

sosial ekonomi pasien-pasien katarak yang datang ke JEC lebih tinggi, sehingga jarang ditemukan pada gradasi yang lebih tinggi atau karena banyaknya subjek katarak dengan densitas keras yang tidak dapat dikutsertakan pada keseluruhan analisis, diantaranya 4 subjek katarak gradasi 5 pada kelompok longitudinal. Satu subjek mengalami zonulisis intra operatif, sedangkan 3 lainnya mengalami edema kornea berat pasca bedah, sehingga pengukuran dengan *specular microscopy* tidak dapat dilakukan. Menurut Hayashi dan kawan-kawan¹⁹, kehilangan endotel berhubungan dengan usia, densitas katarak, volume BSS dan waktu fakoemulsifikasi yang lebih lama. Densitas katarak merupakan faktor risiko terbesar untuk terjadinya kehilangan endotel dan edema kornea pasca bedah.^{6,10} Pada katarak *brunescent* dan *black cataract* kehilangan endotel pasca fakoemulsifikasi mencapai 13,05% dan 15%.⁷³

Kehilangan endotel pada berbagai densitas dilaporkan bervariasi antara 4%-25%. Pada penelitian ini, rerata kehilangan endotel pada hari ke-1 sebesar 7,2% (torsional) dan 18,4% (longitudinal). Kehilangan lebih besar terjadi pada hari ke-7, yaitu 14,7% dan 18,3% untuk masing-masing kelompok. Meski perbedaan antara kedua kelompok tidak bermakna secara statistik, kehilangan lebih besar terjadi pada kelompok longitudinal. Persentase kehilangan endotel kelompok longitudinal pada hari ke-1 dan ke-7 hampir sama (18,4% dan 18,3%). Bahkan pada hari ke-7, kelompok longitudinal terlihat mengalami peningkatan densitas endotel, sehingga selisih densitas pada hari ke-7 torsional lebih besar, meski peningkatan ini hanya lebih kurang sebesar 3 sel/mm² (0,1%). Hal ini dapat terjadi kemungkinan karena terdapat nilai ekstrim pada perhitungan selisih endotel antara pra bedah dan hari ke-1 pasca bedah. Ada 2 subjek dengan nilai selisihnya sebesar -516 sel/mm² (torsional) dan 1477 sel/mm² (longitudinal). Ini berarti pada subjek pertama, pada hari ke-1 pasca bedah terjadi penambahan jumlah endotel sebesar 516 sel/mm² dibandingkan sebelumnya; sedangkan pada subjek kedua terjadi pengurangan jumlah endotel sebesar 1477 sel/mm². Penambahan jumlah endotel pada hari ke-1 pasca bedah merupakan hal sulit dijelaskan secara fisiologis. Penjelasan mengapa ini dapat terjadi pada subjek penelitian adalah kemungkinan terkait dengan *specular microscopy* yang

digunakan untuk pemeriksaan densitas endotel. Alat tersebut memiliki kesulitan dalam melakukan pengukuran area kornea yang sama pada waktu yang berbeda.^{7,31} Dengan demikian, pengukuran yang dilakukan tidak selalu tepat pada kornea sentral, dimana seharusnya akan didapati pengurangan jumlah endotel karena proses fakoemulsifikasi. Bila dilakukan perhitungan kembali dengan tidak mengikutsertakan dua subjek dengan nilai ekstrim tersebut, maka akan didapatkan persentase kehilangan endotel pada hari ke-1 dan ke-7 kelompok torsional sebesar 10,3% dan 14,85%, sedangkan untuk longitudinal sebesar 13,9% dan 16,7%. Jumlah kehilangan endotel tetap cenderung lebih banyak pada kelompok longitudinal. Gambar 15 yang menunjukkan grafik penurunan densitas endotel sejak pra bedah sampai hari ke-7 pasca bedah antara 2 kelompok pun akan menunjukkan kelandaian yang sama.

Tidak diikutsertakannya nilai densitas endotel hari ke-1 dan ke-7 pasca bedah ketiga subjek kelompok longitudinal yang mengalami edema kornea berat juga memungkinkan didapatkannya persentase kehilangan endotel hari ke-1 dan hari ke-7 yang hampir sama. Bila diikutsertakan nilai hari ke-7, maka rerata densitas endotel menjadi $1585,5 \text{ sel/mm}^2$ dan persentase kehilangan endotel hari ke-7 akan menjadi 35%.

Kehilangan endotel pasca bedah katarak dan pemasangan IOL masih dapat berlangsung sampai beberapa tahun, terutama pada subjek dengan usia lebih tua, dengan laju 2-5% per tahun (4 kali dari laju normal 0-6% per tahun).^{6,14,31} Subjek berusia lebih tua merupakan faktor risiko untuk mengalami kehilangannya endotel berlebih ($\geq 15\%$).⁶ Beberapa penelitian melaporkan bahwa kehilangan endotel terbesar terjadi pada hari ke-1. Setelah itu terjadi proses migrasi dan *remodelling* endotel, jumlah endotel yang diukur bertambah dan kembali ke nilai pra bedah dalam waktu 3 bulan.^{7,74} Penelitian ini mendapatkan hasil yang berbeda. Pada hari ke-7 pasca bedah masih terjadi penurunan jumlah endotel lebih banyak daripada hari ke-1. Perbedaan ini kemungkinan karena perbedaan usia subjek, alat ukur yang dipakai dan area kornea yang diukur.

Lebih kecilnya rerata kehilangan endotel pada kelompok torsional kemungkinan karena lebih kecilnya trauma bedah karena energi ultrasonik

maupun faktor pentalan nukleus di BMD yang lebih sedikit. Besarnya frekuensi ultrasonik torsional adalah 80% dari longitudinal. Selain frekuensi ultrasonik yang digunakan, *power* dan modulasi kedua kelompok juga tidak sama. Torsional menggunakan *power* 100%, sedangkan longitudinal 60%. Pada penggunaan 100% ultrasonik dengan gerakan longitudinal, 10% atau setara dengan 4 *watt* akan berubah menjadi panas.⁹ Secara teori, gerakan torsional hanya menggunakan sepertiga energi dibandingkan longitudinal. Dengan demikian, meski digunakan 100% *power* untuk torsional, namun energi maupun dampak yang dihasilkan sepadan dengan 60% longitudinal.⁷⁵ Modulasi *continuous* yang digunakan pada torsional akan menggerakkan *phaco tip* terus-menerus, sehingga panas maupun trauma yang dihasilkan juga terus-menerus. Modulasi *burst* pada kelompok longitudinal menghasilkan energi yang telah diatur pada mesin fakoemulsifikasi secara bergantian, sesuai dengan waktu *on* (OnT) dan *off* (OffT), sehingga menghasilkan trauma dan panas lebih minimal.^{9,76} Berdasarkan *setting* demikian, maka seharusnya longitudinal akan memberi hasil yang lebih baik daripada torsional. Namun jika yang terjadi sebaliknya, maka hasil tersebut kemungkinan terjadi karena faktor perbedaan gerakan yang dimiliki kedua kelompok.

Kehilangan dan kerusakan endotel akibat fakoemulsifikasi selanjutnya menyebabkan edema kornea.⁷⁷ Pengukuran ketebalan kornea telah dipakai pada berbagai penelitian untuk menilai besarnya trauma terhadap endotel kornea selama fakoemulsifikasi.^{7,78-80} Pada penelitian ini didapatkan kecenderungan peningkatan tebal kornea subjek penelitian kedua kelompok terutama pada hari ke-1 pasca bedah. Edema ini merupakan keadaan yang bersifat sementara. Ini terlihat dari berkurangnya ketebalan kornea pada hari ke-7 dibandingkan hari ke-1 pada kedua kelompok, meski belum mencapai nilai pra bedah. Edema lebih besar terjadi pada kelompok longitudinal.

Berdasarkan analisis statistik, tidak terdapat perbedaan parameter keamanan antara kelompok torsional dengan longitudinal. Ini menjadikan hipotesis pertama penelitian ini ditolak, sehingga fakoemulsifikasi torsional dinyatakan memiliki keamanan yang sama dengan fakoemulsifikasi longitudinal. Untuk menarik kesimpulan suatu penelitian sebaiknya tidak hanya didasarkan

pada kemaknaan secara statistik, tetapi juga kemaknaan secara klinis. Pada 3 subjek dengan katarak gradasi 5 kelompok longitudinal, terjadi edema kornea berat sehingga tidak dapat dilakukan pemeriksaan *specular microscopy* dan *flameter* pada hari ke-1 pasca bedah. Meski tidak dapat diperoleh nilai objektif pengurangan densitas endotel dan peningkatan tebal kornea, adanya edema kornea berat merupakan gambaran dampak fakoemulsifikasi longitudinal terhadap katarak gradasi 5. Patut diduga bahwa ketebalan kornea subjek tersebut melebihi 763 μm , yaitu nilai tertinggi subjek pada penelitian ini yang masih dapat terukur dengan *specular microscopy*. Densitas endotel pun kemungkinan berkurang dalam jumlah besar mengingat edema kornea yang terjadi juga berat. Hasil ini juga dapat menjadi pertimbangan pada saat akan melakukan fakoemulsifikasi longitudinal pada katarak dengan gradasi 5.

Penyebab edema tersebut adalah lebih besarnya energi ultrasonik yang digunakan atau akibat turbulensi fragmen nukleus di BMD. Pemeriksaan *specular microscopy* yang baru dapat dilakukan pada hari ke-7, mendapatkan nilai densitas endotel yang sangat rendah, yaitu 927, 557 dan 389 sel/mm^2 . Besarnya kehilangan endotel tidak selalu paralel dengan ketebalan kornea. Tebal kornea pada tiga subjek tersebut masih dalam nilai normal, yaitu 484, 519 dan 530 μm . Pemulihan fungsi endotel sudah dapat terjadi tanpa harus mencapai jumlah densitas endotel pra bedah. Pada saat endotel telah melapisi area kornea (*monolayer*) yang rusak, endotel sudah dapat menjalankan fungsinya.²⁶ Ini yang menjelaskan mengapa densitas endotel pada hari ke-7 masih mengalami penurunan, akan tetapi edema kornea berangsur membaik. Namun pada keadaan densitas endotel yang sangat rendah, pemulihan ini tidak terjadi sehingga edema kornea menjadi permanen. Menurut Yi dan kawan-kawan⁶¹, diperlukan minimal 600 sel/mm^2 untuk menjaga keadaan dehidrasi kornea. Pada saat densitas endotel kurang dari 1000 sel/mm^2 , sebagai kompensasinya jumlah *pump sites* tiap sel akan meningkat. Peningkatan *pump sites* pada endotel yang membesar tidak disertai dengan fungsi yang optimal, sehingga kornea dapat mengalami edema kornea permanen.²⁸

Inflamasi akibat bedah katarak dapat terjadi karena trauma langsung terhadap uvea maupun reaksi imun kronis akibat implantasi IOL. Hal tersebut selanjutnya menyebabkan kerusakan BAB, yang secara klinis tampak sebagai flare di BMD. Fakoemulsifikasi menyebabkan inflamasi meski dengan intensitas yang lebih rendah daripada ECCE.^{61,65}

Rerata nilai flare pra maupun pasca bedah pada penelitian ini tidak berbeda bermakna pada kedua kelompok, namun terlihat bahwa nilai flare pada hari ke-1 pasca bedah pada kedua kelompok meningkat. Peningkatan flare pada hari ke-1 pasca bedah terutama disebabkan trauma pembedahan yang menginduksi pelepasan prostaglandin.^{2,82} Hasil yang sama telah dilaporkan oleh beberapa peneliti.^{61,65,66} Lebih besarnya peningkatan flare pada kelompok longitudinal kemungkinan karena trauma yang lebih besar, baik akibat energi ultrasonik yang lebih besar maupun gerakan longitudinal yang menghasilkan lebih banyak repulsion dan turbulensi di BMD.^{19,55} Faktor usia, densitas katarak, waktu fakoemulsifikasi, volume BSS dan variasi diurnal juga berpengaruh terhadap nilai flare.^{63,83} Nilai flare lebih tinggi 25%-30% pada pagi hari.⁶³ Berbeda-bedanya waktu pemeriksaan pada subjek yang sama maupun antar subjek, akan mempengaruhi hasil pemeriksaan.^{63,84} Peningkatan flare pasca bedah bersifat reversibel. Nilai flare pada hari pertama pasca bedah akan berkurang pada hari ke-7. Ini merupakan gambaran pulihnya kondisi BAB.⁸⁴ Inflamasi pasca fakoemulsifikasi akan selesai dalam waktu 15 hari.⁸⁵

Stratifikasi parameter kemananan menunjukkan kecenderungan peningkatan selisih hitung endotel dan tebal kornea pasca bedah hari ke-1, serta peningkatan nilai flare pada kedua kelompok seiring dengan meningkatnya gradasi katarak. Fakoemulsifikasi yang dilakukan pada gradasi katarak yang makin keras akan menimbulkan trauma bedah yang lebih besar. Ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Hayasi dan kawan-kawan.¹⁰ Bila dilakukan skoring terhadap parameter keamanan tersebut, maka fakoemulsifikasi torsional memiliki skor 6 atau berarti lebih aman.

Lamanya waktu fakoemulsifikasi (EPT) menentukan banyaknya energi yang digunakan dan trauma yang dihasilkan. Penelitian ini mendapatkan EPT

yang lebih lama pada kelompok fakoemulsifikasi longitudinal. Perbedaan waktu fakoemulsifikasi antara 2 kelompok kemungkinan karena perbedaan kecepatan gerakan *phaco tip* masing-masing dalam menghancurkan lensa.^{55,78,86} Hasil ini sama dengan yang dilaporkan oleh Liu dan kawan-kawan⁷⁸. EPT yang lebih lama merupakan gambaran lebih besarnya energi yang diperlukan untuk emulsifikasi lensa. Waktu fakoemulsifikasi dan energi yang dibutuhkan selama fakoemulsifikasi akan meningkat seiring dengan meningkatnya kekerasan nukleus.⁵⁵ Penelitian oleh O'Brien⁸⁷ dan Pereira⁸⁸ melaporkan bahwa waktu fakoemulsifikasi yang makin lama, lebih besarnya *power* ultrasonik dan makin kerasnya densitas katarak berhubungan dengan makin besarnya kehilangan endotel. Stratifikasi EPT berdasarkan densitas katarak menggambarkan bahwa katarak dengan densitas keras cenderung membutuhkan waktu fakoemulsifikasi lebih lama, apapun jenis *phaco* yang digunakan.

Proses fakoemulsifikasi membutuhkan dinamika cairan (BSS) yang cukup untuk membawa massa lensa yang sudah hancur keluar BMD, sebagai pendingin dan mempertahankan BMD agar tidak kolaps. Penelitian ini memperlihatkan bahwa rerata volume BSS terpakai pada kelompok torsional 45,5% lebih rendah daripada longitudinal. Menurut Hayashi dan kawan-kawan¹⁰, penggunaan volume BSS yang lebih besar menjadi faktor risiko untuk terjadinya kerusakan endotel kornea akibat turbulensi di BMD dan trauma mekanik pada endotel.^{1,10,89}

Besarnya volume BSS terpakai dipengaruhi oleh densitas katarak. Meski pemakaian BSS pada kedua kelompok menunjukkan perbedaan secara statistik, penelitian ini tidak dapat menganalisis kemaknaan secara statistik rerata volume berdasarkan masing-masing densitas karena minimnya jumlah subjek pada tiap-tiap densitas. Namun terlihat kecenderungan meningkatnya penggunaan BSS pada katarak dengan gradasi makin keras. Volume BSS terbanyak didapatkan pada subjek gradasi 5 kelompok longitudinal (rerata volume 147 mL). Ini berbeda dengan yang terjadi pada kelompok torsional. Satu subjek gradasi 5 pada torsional hanya menghabiskan BSS sebanyak 53 mL (hampir 60% lebih rendah dibandingkan longitudinal). Perbedaan tersebut kemungkinan terkait dengan gerakan torsional yang lebih cepat mengemulsifikasi lensa, sehingga waktu

fakoemulsifikasi menjadi lebih singkat dan BSS lebih sedikit terpakai. Ini sesuai dengan dilaporkan oleh beberapa peneliti yang menilai performa fakoemulsifikasi torsional.^{19,55,90} Tjia⁹⁰ menghitung pemakaian BSS pada berbagai tingkat proses fakoemulsifikasi. Perbedaan terbesar dan bermakna antar kedua kelompok terjadi pada proses *sculpting* dan *quadrant removal*, masing-masing 35% dan 32% lebih rendah pada torsional. Total pemakaian BSS pada keseluruhan proses pada penelitian tersebut tidak berbeda bermakna, yaitu sebesar 54,58 mL dan 66,54 mL.

Volume BSS yang kurang juga akan menimbulkan kerusakan endotel dan menyebabkan edema kornea pasca bedah. Pada 1 subjek yang *drop out* karena edema kornea berat pasca bedah, diketahui bahwa selama fakoemulsifikasi BSS sempat habis sehingga BMD menjadi kolaps. Kejadian ini dapat meningkatkan suhu di dalam mata, sehingga endotel mengalami nekrosis koagulatif yang merusak endotel. Pemeriksaan *specular microscopy* subjek tersebut yang dapat dilakukan pada hari ke-7 mendapatkan nilai densitas endotel sebesar 927 sel/mm². Menurut Sippel dan kawan-kawan⁹ bila aliran cairan terhenti saat fakoemulsifikasi, maka suhu di mata dapat meningkat mencapai 35°C. Kolapsnya BMD juga akan mendekatkan jarak antara *phaco tip* dengan endotel, sehingga kerusakan endotel makin meningkat.^{9,91,92} Temuan ini sama seperti yang dilaporkan oleh Bleckmann dan kawan-kawan⁹³.

Tujuan pembedahan katarak adalah mencapai UCVA hari 1 pasca bedah (POD1) dengan kategori baik menurut WHO.²² Penelitian ini mendapatkan bahwa UCVA POD1 hampir seluruh subjek penelitian berada pada kategori tersebut. Visus pasca bedah tanpa koreksi (UCVA) pada penelitian ini tidak dijadikan parameter untuk menilai keamanan maupun efisiensi karena banyak hal yang dapat mempengaruhi hal tersebut, seperti ketepatan biometri atau kekuatan IOL, usia, keadaan retina, makula, maupun saraf optik. Terdapatnya visus pada 1 subjek tidak sesuai dengan yang diharapkan, ternyata disebabkan adanya *Age-Related Macular Degeneration*.

Tekanan intraokular meningkat pada hari ke-1 pasca bedah pada kedua kelompok, namun peningkatan ini tidak memerlukan terapi tambahan.

Peningkatan TIO pasca fakoemulsifikasi dilaporkan oleh Desai dan kawan-kawan³ terjadi pada 7,9% kasus. Beberapa penyebabnya adalah debris inflamasi, retensi viskoelastik, kerusakan anyaman trabekulum, hifema dan sebagainya.^{94,95} Peningkatan TIO akan mempengaruhi tebal kornea, demikian juga sebaliknya. Peningkatan TIO menyebabkan imbibisi cairan ke dalam stroma, sehingga kornea membal.^{32,96} Kornea sentral (*Central Corneal Thickness/CCT*) yang tebal cenderung melebihi nilai TIO yang ada (*overestimate*), terutama bila dilakukan pengukuran dengan tonometer non kontak.^{97,98} Recep dan kawan-kawan⁹⁸ melaporkan bahwa pada keadaan tebal kornea telah melebihi 539 μm , tonometer non kontak kurang akurat dibandingkan tonometer aplanasi. Dilaporkannya hasil pengukuran TIO pasca bedah pada penelitian ini untuk menggambarkan bahwa peningkatan tebal kornea yang terjadi pasca bedah bukan karena peningkatan TIO, melainkan karena faktor fakoemulsifikasi.

Minimnya jumlah sampel merupakan salah satu kekurangan penelitian ini. Sebagai perbandingan, penelitian Liu dan kawan-kawan⁷⁸ yang membandingkan fakoemulsifikasi torsional dengan fakoemulsifikasi *conventional* menggunakan total jumlah sampel untuk 2 kelompok mencapai 525 orang. Jumlah sampel yang besar akan dapat mendeteksi perbedaan kecil antara 2 metoda. Bila dilakukan perhitungan jumlah sampel berdasarkan deviasi standar (*standard deviation/SD*) densitas endotel yang terdapat pada penelitian ini, maka jumlah sampel yang diperlukan hanya sebesar 17 orang, sedangkan jika berdasarkan ketebalan kornea sebesar 318 orang untuk masing-masing kelompok. Tidak menutup kemungkinan untuk dilanjutkan penelitian lanjutan, mengingat penelitian ini masih merupakan penelitian pendahuluan. Selain itu, jumlah sampel pun tidak dibagi berdasarkan masing-masing gradasi katarak. Meski dianggap katarak gradasi 3 sampai 5 merupakan katarak dengan densitas keras, untuk melihat dampak fakoemulsifikasi terhadap masing-masing gradasi, maka jumlah sampel harus disesuaikan untuk masing-masing gradasi. Stratifikasi parameter efisiensi dan keamanan berdasarkan gradasi katarak pun menunjukkan kecenderungan perbedaan kedua kelompok yang makin besar pada gradasi 4 dan 5.

Kelemahan lain berkaitan dengan alat ukur yang dipakai. Reliabilitas *specular microscopy* memiliki nilai paling rendah dibandingkan *ultrasound pachymetry* dan *ultrasound biomicroscopy*. Ini bersumber dari sulitnya melakukan pengukuran pada area kornea yang sama pada tiap waktu.^{7,31} Ketepatan pengukuran pun dipengaruhi oleh ukuran sel, variasi pada sel area, jumlah total sel yang dihitung, kejernihan (kualitas) gambar, ketebalan kornea dan lokasi kornea dimana gambar tersebut diambil.⁹⁹ Ini menyebabkan besarnya SD maupun perbedaan dengan hasil penelitian lain. Kualitas gambar hasil *specular microscopy* yang kurang baik, adanya polimegatisme dan pleomorfisme akan menyulitkan analisis gambar dan perhitungan sel, sehingga mempengaruhi nilai densitas endotel.^{100,101} Pergeseran 1 mm dari lokasi semula juga menyebabkan perubahan densitas endotel sebesar $\pm 56 \text{ sel/mm}^2$ (2,0%). Pengukuran tebal kornea berulang dengan alat tersebut menghasilkan SD sebesar 7,82 μm , lebih tinggi dibandingkan dengan *ultrasound pachymetry* (SD=4,14 μm) dan *ultrasound biomicroscopy* (SD=3,90 μm).¹⁰² Meski demikian, nilai tersebut masih berada pada rentang kesalahan yang masih dapat ditoleransi, yaitu 10,0 μm . Pengukuran densitas maupun ketebalan kornea juga sebaiknya dilakukan lebih dari 1 kali dan di berbagai area kornea. Beberapa penelitian melaporkan bahwa dampak perubahan ketebalan kornea akibat fakoemulsifikasi tidak hanya terjadi di sentral kornea, tetapi juga pada sisi temporal, yaitu pada luka insisi.^{80,103} Luka insisi merupakan tempat terbesar terjadinya friksi dengan *phaco tip*. Penelitian ini tidak melakukan hal yang sama dengan pertimbangan proses fakoemulsifikasi terutama berlangsung di BMD sentral, sehingga kornea sentral lebih besar paparannya terhadap ultrasonik dan turbulensi.^{93,104} Dengan demikian, maka pemeriksaan kornea sentral cukup mewakili untuk mengevaluasi keamanan fakoemulsifikasi.

Pemeriksaan *specular microscopy* dan *flameter* yang dilakukan pada waktu yang berbeda-beda juga mungkin berpengaruh terhadap hasil penelitian ini. Variasi diurnal akan mempengaruhi ketebalan kornea maupun *flare* yang dinilai.^{63,105}

Tidak diantisipasi tiga subjek dengan edema kornea berat yang parameter keamanannya tidak dapat diukur, merupakan kelemahan penelitian ini

secara metodologi. Kemungkinan hal tersebut juga menyebabkan perbedaan performa fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal berdasarkan parameter efisiensi dan keamanan secara statistik. Berdasarkan kepustakaan, efisiensi (EPT dan volume BSS) akan mempengaruhi trauma bedah yang ditimbulkan, dan ini juga berarti mempengaruhi keamanan.^{87,88,90}

Dengan berbagai kekurangan yang dimiliki, namun penelitian ini masih merupakan penelitian pertama di Indonesia yang membandingkan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal. Meski secara statistik tidak bermakna, secara klinis nampaknya fakoemulsifikasi torsional cenderung lebih aman untuk katarak densitas keras dibandingkan longitudinal. Untuk parameter efisiensi, fakoemulsifikasi torsional secara statistik dan klinis lebih baik dibandingkan dengan longitudinal.

BAB VII

SIMPULAN DAN SARAN

VII. 1 Simpulan

1. Fakoemulsifikasi torsional cenderung lebih efisien dibandingkan longitudinal.
2. Dengan lebih efisiennya fakoemulsifikasi torsional, maka fakoemulsifikasi torsional cenderung lebih aman dibandingkan dengan longitudinal, meski hal ini belum dapat dibuktikan secara statistik.

VII. 2 Saran

Meski secara klinis fakoemulsifikasi torsional lebih aman dibandingkan longitudinal, hal ini belum terbukti secara statistik. Jumlah subjek yang sedikit dan tidak diperhitungkan berdasarkan gradasi kemungkinan menjadi penyebabnya. Dengan demikian, maka diperlukan sampel dengan jumlah lebih besar dan diperhitungkan untuk masing-masing gradasi katarak agar hasil penelitian dapat mewakili keadaan yang sebenarnya dan dapat dilakukan generalisasi ke populasi.

Daftar Rujukan

1. Linebarger EJ, Hardten DR, Shah GK, Lindstrom RL. Phacoemulsification and modern cataract surgery. *Surv Ophthalmol.* 1999;44:123-47.
2. Spalton D, Koch D. The constant evolution of cataract surgery. *Br Med J.* 2000;321:1304.
3. Desai P, Minassian DC, Reidy A. National cataract surgery survey 1997-8: a report of the results of the clinical outcomes. *Br J Ophthalmol.* 1999;83:1336-40.
4. Sockardi I, Hutauruk JA. Fakodinamik Dalam: Sockardi I, Hutauruk JA, editor. *Transisi menuju fakoemulsifikasi. Edisi pertama.* Jakarta: Granit, 2004; p.107-49.
5. Packer M, Fishkind W, Fine H, Seibel BS, Hoffman RS. The physics of phaco: a review. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:424-31.
6. Bourne RRA, Minassian DC, Dart JKG, Rosen P, Kaushal S, Wingate N. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology.* 2004;111:679-85.
7. Ventura ACS, Walti R, Bohake M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. *Br J Ophthalmol.* 2001;85:18-20.
8. Gob D, Lim N. Day 1 review following cataract surgery: are we seeing the precise details? *Br J Ophthalmol.* 2002;86:481-2.
9. Sippel KC, Pineda R. Phacoemulsification and thermal wound injury. *Semin Ophthalmol.* 2002;17:102-9.
10. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1996;22:1079-84.
11. Takahashi H. Free radical development in phacoemulsification cataract surgery. *J Nippon Med Sc.* 2005;72:4-12.
12. Chunha-Vaz J. The blood ocular barriers. *Surv Ophthalmol.* 1979;23:279-96.
13. Cioffi GA, Granstam E, Alm A. Ocular circulation. In: Kaufman PL, Alm A, editors. *Adler's physiology of the eye: clinical application.* 10th ed. St. Louis: Mosby, 2003; p.747-84.
14. Waring GO, Bourne WM, Edelhauser HF, Kenyon KR. The corneal endothelium: normal and pathologic structure and function. *Ophthalmology.* 1942;49:531-90.
15. Shah PA, Yoo S. Innovations in phacoemulsification technology. *Curr Opin Ophthalmol.* 2007;18:23-6.
16. Hoffman RS, Fine H, Packer M, Brown LK. Comparison of sonic and ultrasonic phacoemulsification using the Staar Sonic Wave system. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28:1581-4.
17. Vargas LG, Holzer MP, Solomon KD, Sandoval HP, Apple DJ. Endothelial cell integrity after phacoemulsification with 2 different handpieces. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:478-82.
18. Tsohatzoglou A, Kenyeresz K, Modis L, Nemeth G, Math J, Berta A. Corneal endothelial function after phacoemulsification using the fluid-based system compared to conventional ultrasound technique. *Eye.* 2006;1-6.
19. Allen D. The Ozil torsional phacoemulsification technology: an overview and study results. *Cataract & Refractive Surgery Today (Suppl)* 2006:4-6.
20. Boukhny M, Mackool R. Exploring and understanding the benefits of torsional phacoemulsification. *EyeWorld* 2006;2(2)Suppl:1-3
21. The science of torsional phacoemulsification. *Ocular Surgery News* 2006 July 1.
22. Alm A. Cataract and "Vision 2020-the right to sight" initiative. *Br J Ophthalmol.* 2001;85:635-9.
23. Nishida T. Cornea. In: Krachmer JH, Mannis MJ, Holland ED, editors. *Cornea: fundamentals, diagnosis and management.* Volume 1. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2005; p.3-26.
24. Gipson IK, Joyce NC, Zieske JD. The anatomy and cell biology of the human cornea, limbus, conjunctiva, and adnexa. In: Foster CS, Azar DT, Dohlman CH, editors. *Smolin and Thoft's The cornea: scientific foundations & clinical practice.* 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005; p.1-35.
25. American Academy of Ophthalmology: Examination techniques for the external eye and cornea. In: American Academy of Ophthalmology, editor. *Basic and clinical science course: external disease and cornea.* Section 8. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology, 2005; p.32-3.
26. Layers of the cornea [image on the internet]. [updated: 2006 Jan 3; cited 2006]. Available from: URL: <http://www.onset.unsw.edu.au/issue2/Contactlenses/Cornea.jpg>
27. Edelhauser HF, Uebels JL. The cornea and the sclera. In: Kaufman PL, Alm A, editors. *Adler's physiology of the eye: clinical application.* 10th ed. St. Louis: Mosby, 2003; p.47-97.
28. Joyce NC. Proliferative capacity of the corneal endothelium. *Prog Ret Eye Res.* 2003;22:359-89.
29. Bonanno JA. Identity and regulation of ion transport mechanisms in the corneal endothelium. *Prog Ret Eye Res.* 2003;22:69-94.

30. Forrester JV, Dick AD, McMenamin PG, Lee WR. Biochemistry and cell biology. In: Forrester JV, Dick AD, McMenamin PG, Lee WR, editors. *The eye: basic sciences in practice* 2nd ed. Edinburgh: W B Saunders, 2002; p.155-87.
31. Bourne WM, McLaren JW. Clinical responses of the corneal endothelium. *Exp Eye Res* 2004;78:561-72.
32. Klyce SD. Corneal physiology. In: Foster CS, Azar DT, Dohlman CH, eds. *Smolin and Thoft's The Cornea: scientific foundation & clinical practice* 4th ed Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005; p.37-58.
33. Faragher RGA, Mulholland B, Sandeman S, Khaw PT. Aging and the cornea. *Br J Ophthalmol* 1997;81:814-7.
34. Abib FC, Barreto J. Behavior of corneal endothelial density over a lifetime. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1574-8.
35. Cornea. American Academy of Ophthalmology. Basic and clinical science course: fundamentals and principles of ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2005.p.301-2.
36. Yee RW, Geroski DH, Matsuda M, Champeau EJ, Meyer LA, Edelhauser HF. Correlation of corneal endothelial pump site density, barrier function, and morphology in wound repair. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26:1191-201.
37. Hopperreijts VPT, Pels E, Vrensen GFJM, Treffers WF. Corneal endothelium and growth factors. *Surv Ophthalmol* 1996;41:155-64.
38. Davison JA, Chylack LT. Clinical application of the Lens Opacities Classification System III in the performance of phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:138-45.
39. Buratto L, Barboni B, Firrincieli R. Developments in cataract surgery. In: Buratto L, Werner L, Zanini M, Apple D, editors. *Phacoemulsification: principles and techniques*. 2nd ed. Thorofare, NJ: Slack, 2003; p.1-36.
40. Soekardi I, Hutauruk J. Seleksi pasien. Dalam: Soekardi I, Hutauruk J, editor. *Transisi menuju fakoemulsifikasi*. Jakarta: Granit, 2004; p.177-81.
41. Javitt JC, Taylor HR. Cataract and latitude. *Doc Ophthalmol* 1995;88:307-25.
42. Zigman S, Daniles M, Torczynski E. Sunlight and human cataract. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18:462-7.
43. Bond LJ, Flake, Tucker, Judd, Boukhay M. Physics of phacoemulsification. [homepage on the internet]. No date [cited 2006]. Available from: URL: <http://www.sfa.asso.fr/wcu2003/procs/website/articles/000400.pdf>
44. Sebely JZ. The biophysical effects of ultrasound: a review of current literature. [homepage on the internet]. No date [cited 2006]. Available from: URL: <http://www.sonirelief.ca/files/10000082.pdf>
45. Seibel BS. Phacodynamics: fluidics. [homepage on the internet]. No date [cited 2006]. Available from: URL: <http://www.opthalmic.hyperguides.com/default.asp?section=/tutorials/cataract/list.asp>
46. Mackool RJ. Understanding the physics of torsional phacoemulsification. *EyeWorld* 2006;Sect. 2-3.
47. Vasavada AR, Raj SM, Lee YC. NeoSonix ultrasound versus ultrasound alone for phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30:2332-5.
48. Davison JA. Ultrasonic power reduction during phacoemulsification using adjunctive NeoSonix technology. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:1015-9.
49. Fine HI, Packer M, Hoffman RS. Power modulations in new phacoemulsification technology: improved outcomes. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30:1014-9.
50. Lindstrom RL. Visualizing the science of phacoemulsification. *Ocular Surgery News* 2006 July 1;2.
51. Anterior surgical product catalogs. [homepage on the internet]. No date [cited 2006]. Available from: URL: http://a1008.g.akamai.net/7/1008/2226/91ab8867998be/www.infinitevision.com/us_Nfinite_Ctlg.pdf
52. Ozil handpiece. ©2006. No date. [cited 2006]. Available from: URL: http://www.opthalmologytimes.com/opthalmologytimes/data/articlestandrad/opthalmologytimes/162006/320851/iz_L.jpg
53. Talsma J. Torsional phaco likely to change cataract surgery landscape. *Ophthalmology Times* 2006;Sect. 1.
54. Lindstrom RL. Improving efficiency and outcomes in phaco surgery. *Ocular Surgery News* 2006;11.
55. Lindstrom RL. Surgical results and implications. *Ocular Surgery News* 2006;Sect. 7-10.
56. Zacharias J. Characterization of the phacodynamics of the OZil™ torsional phacoemulsification system: comparative turbulence, repulsion and cavitation profiles determination. [Abstract]. In: ESCRS; 2006 9-13 September London; 2006.
57. Cavanagh HD, Ladage PM, Petroll WM, Jester JV. Clinical specular microscopy. In: Foster CS, Azar DT, Dohlman CH, editors. *Smolin and Thoft's The cornea: scientific foundations & clinical practice* 4th ed Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005; p.199-202.

58. Bourne, Enoch JM. Some optical principles of the clinical specular microscopy. *Ophthalmology* 1976;15:29-32.
59. Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter PA, editors. Methods of ocular examination. In: Spalton DJ, Hitchings RA, Holder GE, editors. *Slide atlas of clinical ophthalmology*, 2nd ed. London: Mosby-Wolfe, 1994; p.14
60. Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter PA, editors. The cornea. In: Green WT, Kerr Muir MG, editors. *Slide atlas of clinical ophthalmology*, 2nd ed. London: Mosby-Wolfe, 1994; p.16.
61. Laurell C, Zetterstrom C, Philipson B, Syren-Nordqvist S. Randomized study of the blood-aqueous barrier reaction after phacoemulsification and extracapsular cataract extraction. *Acta Ophthalmol Scand* 1998;76:573-6.
62. Gabelt BT, Kaufman P: Aqueous humor hydrodynamics. In: Kaufman PL, Alm A, editors. *Adler's physiology of the eye: clinical application* 10th ed. St.Louis: Mosby, 2003; p.237-89.
63. Ladas JG, Wheeler NC, Morlun PJ, Rimmer SO, Holland GN. Laser flare-cell photometry: methodology and clinical applications. *Surv Ophthalmol* 2005;50:27-47.
64. Flaremeter [image on the internet]. c2002. Available from: URL: <http://www.keeler.co.uk/refraction/flaremeters.htm>
65. Chee S, Ti S, Sivakumar M, Tan DTH. Postoperative inflammation: extracapsular cataract extraction versus phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:1280-5.
66. Alio JL, Sayans JA, Chipont E. Flare-cell measurement of inflammation after uneventful cataract surgery with intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:935-9.
67. Ursell PG, Spalton DJ, Tilling K. Relation between postoperative blood-aqueous barrier damage and LOCS III cataract gradings following routine phacoemulsification surgery. *Br J Ophthalmol* 1997;81:544-7.
68. Raizman MB: Prolonged intraocular inflammation In: Steinert RF, Fine HI, Gimbel HV, Koch DD, Lindstrom RL, Neuhann TF, et al, editors. *Cataract surgery: techniques, complications, and management*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders, 2004; p.601-4.
69. Roszkowska AM, Colosi P, D'Angelo P, Ferreri G. Age-related modification of the corneal endothelium in adults. *Int Ophthalmol* 2004;25:163-6.
70. Padilla MDB, Sibayan SAB, Gonzales CS A. Corneal endothelial density and morphology in normal Filipino eyes. *Cornea* 2004;23:129-35.
71. Chakrabarti A, Singh S, Krishnadas R. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:1041-7.
72. Vajpayee RB, Bansal A, Sharma N, Dada T, Dada V K. Phacoemulsification of white hypermature cataract. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:1157-60.
73. Singh R, Vasavada AR, Janaswamy G. Phacoemulsification of brunescent and black cataracts. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1762-9.
74. Schultz RO, Glasser DB, Matsuda M, Yee RW, Edelhauser HF. Response of the corneal endothelium to cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 1986;104:1164-9.
75. Mihanlar Pb. Torsional phaco: new ultrasound lens removal modality. *Ophthalmology Review*. [homepage on the internet]. No date [cited 2007]. Available from: URL: http://www.noorvision.com/weblog/archives/2005/12/torsional_phaco.html
76. Badoza D, Mendy JF, Ganly M. Phacoemulsification using burst mode. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1101-5.
77. Cheng H, Bates AK, Wood L, McPherson K. Positive correlation of corneal thickness and endothelial cell loss: serial measurements after cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 1988;106:920-2.
78. Liu Y, Zeng M, Liu X, Luo L, Yuan Z, Xia Y, et al. Torsional mode versus conventional ultrasound mode phacoemulsification: Randomized comparative clinical study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:287-92.
79. Lundberg B, Jonsson M, A B. Postoperative corneal swelling correlates strongly to corneal endothelial cell loss after phacoemulsification cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2005;139:1035-41.
80. Vargas JM, McCulley JP, Bowman RW, Johnston EW, Jani BR, Shen J. Effect of phacoemulsification on corneal thickness. *Am J Ophthalmol* 2003;136:171-172.
81. Yi DH, Dana R. Corneal edema after cataract surgery: incidence and etiology. *Sem Ophthalmol* 2002;17:110-4.
82. Mishima S, Tarishima T, Masuda K. Pathophysiology and pharmacology of intraocular surgery. *Aus N Z J Ophthalmol* 1985;13:147-58.
83. Ermiş SS, Öztürk F, İnan ÖÜ. Comparing the efficacy and safety of phacoemulsification in white mature and other types of senile cataracts. *Br J Ophthalmol* 2003;87:1356-9.
84. Findl O, Amon M, Petternel V, Kruger A. Early objective assessment of intraocular inflammation after phacoemulsification cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2143-7.

85. Fatiah. Inflamasi pasca fakoemulsifikasi pada penderita DM tipe 2 dengan kadar HbA1c baik dan tinggi. Tesis. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia; 2003
86. Lindstrom RL. Scientific models and laboratory performance. *Ocular Surgery News* 2006 July 1, 2006; Sect. 4-6.
87. O'Brien PD, Fitzpatrick P, Kilmartin DJ, Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by junior resident. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:839-43.
88. Pereira ACA, Porfino F, Freitas LJ, Delfort R. Ultrasound energy and endothelial cell loss with stop-and-chop and nuclear preslice phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1661-6.
89. Narayanan R, Gaster RN, Kenney C. Pseudophakic corneal edema: a review mechanisms and treatments. *Cornea* 2006;25:993-1004.
90. Tjia K. Efficiency of torsional versus longitudinal ultrasound: a comparison of fluid use in hard cataract cases. [Abstract]. In: ESCRS, 9-13 September London, 2006.
91. Ernest P, Rhem M, McDermott M, Lavery K, Sensoli A. Phacoemulsification conditions resulting in thermal wound injury. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1829-39.
92. Yamagami S, Yamagami H. Direct measurement of wound temperature during phacoemulsification. *Ophthalmologica* 1998;212:50-2.
93. Bleckmann H, Vogt R. Experimental endothelial lesions by means of an ultrasound phacoemulsificator. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1986;224:457-62.
94. Thirumalai B, Baranyovits PR. Intraocular pressure changes and the implications on patient review after phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:504-7.
95. Shingleton BJ, Wadhani RA, O'Donoghue MW, Bayliss S, Hoey H. Evaluation of intraocular pressure in the immediate period after phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:524-7.
96. Levenson JE. Corneal edema: cause and treatment. *Surv Ophthalmol* 1975;20:190-204.
97. Ehlers N, Hjortdal J. Corneal thickness: measurement and implications. *Exp Eye Res* 2004;78:543-8.
98. Recep OF, Hasiripi H, Cagil N, Sanikatipoglu H. Relation between corneal thickness and intraocular pressure measurement by noncontact and applanation tonometry. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1787-91.
99. American Academy of Ophthalmology. Corneal endothelial photography: Three-year revision. *Ophthalmology* 1997;104:1360-6.
100. Jarkanas U, Colby K. Evaluation of the corneal endothelium. *Tech Ophthalmol* 2005;3:19-26.
101. Hirst LW, Ferris FL, Stark WJ, Fleishman J A. Clinical specular microscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1970;9:2-4.
102. Tam ES, Rootman D S. Comparison of central corneal thickness measurements by specular microscopy, ultrasound pachymetry, and ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1179-84.
103. Wirbelauer C, Wollensak G, Pham DT. Influence of cataract surgery on corneal endothelial cell density estimation. *Cornea* 2005;24:135-40.
104. Polack FM, Sugar A. The phacoemulsification procedure. II. Corneal endothelial changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1976;15:458-69.
105. du Toit R, Vega JA, Fonn D, Simpson T. Diurnal variation of corneal sensitivity and thickness. *Cornea* 2003;22:205-9.

Lampiran I

FORMULIR PENELITIAN

Kel: 1 (torsional) /2 (longitudinal); No: _____

OD / OS

Tgl operasi: _____

A. Identitas

Nama : _____

Umur : _____ thn

Alamat: _____

No telp: _____

Rekam Medis: _____

Jenis kelamin: L/P

B. Pemeriksaan pre-op

Variabel	OD	OS
Visus		
TIO		
Hasil Noncon Robo®		
- Densitas endotel (sel/mm^2)		
- Ketebalan kornea (μm)		
<i>Flare</i>		
Segmen anterior		
- Palpebra		
- CB		
- C		
- COA		
- I/P		
- L (Gradasi Katarak)		
Segmen posterior		
- Vitreus		
- Fundus		

C. Keadaan intra-op

Variabel	Ket
- EPT (s)	
- U/S Time (s)	
- Volume BSS (cc)	
o Phaco	
o Total volume	
Komplikasi intra operatif:	
- Robekan kapsul posterior	
- Vitreus prolaps	
- Iris prolaps	
- Hifema	
- Lain-lain (sebutkan)	

D. Pemeriksaan post-op

Variabel	Hari ke-1 (tgl:)	Hari ke-7 (tgl:)
Visus		
TIO		
Hasil Noncon Robo®		
- Densitas endotel (sel/mm ²)		
- Ketebalan kornea (µm)		
<i>Flare</i>		
Segmen anterior		
- Palpebra		
- CB		
- C		
- COA		
- I/P		
- L (IOL)		
Segmen posterior		
- Vitreus		
- Fundus		
Komplikasi pasca operasi		
- Glaukoma		
- Hifema		

Komplikasi pasca operasi (cont'd)	Hari ke-1 (tgl:)	Hari ke-7 (tgl:)
- CME		
- Endoftalmitis		
- PCO		
- Lain-lain (sebutkan)		

LEMBAR INFORMASI PASIEN

Berdasarkan pemeriksaan mata yang telah dilakukan, Bapak/Ibu ternyata menderita penyakit katarak. Katarak adalah suatu penyakit yang mengakibatkan lensa mata yang biasanya jernih menjadi keruh. Katarak menyebabkan tajam penglihatan menurun, bahkan dapat mengakibatkan kebutaan. Untuk memperbaiki penglihatan Bapak/Ibu, diperlukan operasi katarak dimana lensa yang telah keruh akan dikeluarkan, kemudian diganti dengan lensa buatan yang akan ditanam di dalam mata.

Tim peneliti di Departemen Ilmu Kesehatan Mata FKUI-RSUPN dr.Cipto Mangunkusumo, bekerja sama dengan *Jakarta Eye Centre*, saat ini sedang melakukan penelitian tentang operasi katarak dengan teknik fakoemulsifikasi. Saat ini terdapat 2 jenis fakoemulsifikasi yang diketahui aman, yaitu fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal. Penelitian ini bertujuan membuktikan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal. Yang akan diamati pada penelitian ini adalah tajam penglihatan, ketebalan kornea, peradangan di mata, jumlah cairan yang terpakai selama operasi dan lama waktu operasi.

Bapak/Ibu akan menjalani beberapa pemeriksaan sebelum dan sesudah operasi, yang memang sebaiknya dilakukan dalam rangka operasi katarak, yaitu pemeriksaan tajam penglihatan, ketebalan kornea, dan peradangan di dalam bola mata. Pemeriksaan sesudah operasi akan sama dengan yang dilakukan sebelum operasi dan dilakukan pada hari ke-1 dan ke-7 sesudah operasi. Semua prosedur akan dijalankan dengan sepengetahuan Bapak/Ibu dan tidak akan dilakukan tindakan apapun diluar prosedur operasi katarak yang standar. Untuk seluruh pemeriksaan di atas, tidak akan dikenakan biaya maupun penambahan pada biaya operasi Bapak/Ibu.

Bapak/Ibu diminta kesediaannya untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Dengan berpartisipasi dalam penelitian ini, maka Bapak/Ibu akan membantu menyumbangkan informasi berharga tentang keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal yang selanjutnya dapat dipergunakan untuk meningkatkan pelayanan bedah katarak di masa mendatang.

Partisipasi Bapak/Ibu dalam penelitian ini sangat bersifat sukarela. Penolakan Bapak/Ibu tidak akan merubah mutu pelayanan yang akan diberikan. Apabila Bapak/Ibu memberikan ijin untuk dilakukan pemeriksaan mata, mohon kesediaan untuk menandatangani surat persetujuan yang telah disiapkan.

Semua informasi yang didapat selama penelitian ini, termasuk data pribadi dan data penelitian akan dijaga kerahasiaannya. Nama Bapak/Ibu atau dokumen lain yang mengidentifikasi Bapak/Ibu sebagai peserta penelitian tidak akan dibuka tanpa persetujuan tertulis dari Bapak/Ibu.

Bila Bapak/Ibu ingin mengajukan pertanyaan tentang penelitian ini, dapat menghubungi dr.Nuraini di Departemen Ilmu Kesehatan Mata FKUI-RSUPNCM atau *Jakarta Eye Centre*. Nomor telepon yang dapat dihubungi: 021-70919194 atau 0816-1432587.

Terima kasih atas perhatian Bapak/Ibu.

Lampiran 3

FORMULIR PERSETUJUAN PASIEN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :
Umur :
Jenis Kelamin :
Alamat Lengkap :

Telepon :

Saya telah mendapat keterangan secukupnya dan mengerti sepenuhnya tentang tujuan penelitian tersebut setelah mendapat penjelasan oleh dokter Nuraini. Oleh sebab itu dengan sukarela saya setuju dan memberikan ijin untuk dilakukan pemeriksaan mata. Saya akan mematuhi segala peraturan yang telah ditentukan agar penelitian ini berjalan lancar. Nama saya atau setiap bahan yang mengidentifikasi saya sebagai partisipan dari penelitian ini tidak akan diumumkan tanpa persetujuan tertulis, kecuali pada kasus dimana tindakan tersebut diminta hukum. Jika saya menghendaki, setiap saat saya dapat mengundurkan diri dari penelitian ini tanpa merugikan hubungan antara dokter dengan saya.

Dengan menandatangani formulir ini, saya setuju untuk ikut dalam penelitian ini.

Jakarta,200..

Tanda tangan pasien

Tanda tangan saksi

(.....)

(.....)



UNIVERSITAS INDONESIA FAKULTAS KEDOKTERAN

Jalan Salemba Raya No. 6, Jakarta Pusat

Poa Box 1358 Jakarta 10430

Kampus Salemba Telp. 31930371, 31930373, 3922077, 3927360, 3912477, Fax. : 31930372, e-mail : office@fk.ui.ac.id

No : 02 /PT02.FK/ETIK/2007

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK ETHICAL CLEARANCE

Panitia Tetap Penilai Etik Penelitian, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran, telah mengkaji dengan teliti protokol berjudul:

The Committee of The Medical Research Ethics of the Faculty of Medicine, University of Indonesia, with regards of the protection of human rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the proposal entitled :

"KEAMANAN DAN EFISIENSI FAKOEMULSIPIKASI: PERBANDINGAN ANTARA FAKOEMULSIPIKASI TORSIONAL DENGAN LONGITUDINAL".

Nama peneliti utama : dr.NURAINI
Name of the principal investigator

Nama institusi : ILMU PENYAKIT MATA PKUI/RSCM
Name of institution

dan telah menyetujui protokol tersebut di atas.
and approved the above mentioned proposal.



4 Januari 2007

Ketua
Chairman

Prof.Dr.dr.Agus Firmansyah,SpA (R)

IABEL INDIUK

No	Nama	Usia	Sex	Mata	Kelompok	Gradasi	Visus Pra			TIO			ECC		
							UCVA	BCVA	Pra	H_1	TIO_7	Pra	H_1	H_7	
1	GS	72	L	OS	1	3	.10	80	17.0	20.0	14.0	2341	2857	2024	
2	AS	49	L	OS	1	3	.05	.05	10.3	17.6	15.7	2724	2532	3046	
3	EH	55	L	OS	1	3	.05	.05	18.0	17.0	15.0	2403	1972	2046	
4	RL	61	P	OD	1	3	.05	.10	14.0	15.0	12.0	2376	2512	2277	
5	TP	45	L	OD	1	3	.05	.20	10.3	14.0	10.0	2197	1992	1782	
6	DBL	74	L	OD	1	4	.10	.10	15.0	19.0	13.0	2849	2544	2314	
7	PS	78	P	OD	1	4	.05	.16	11.3	15.0	12.0	2849	1953	2544	
8	MS	76	P	OS	1	4	.05	.16	10.0	11.0	11.0	1879	2079	1893	
9	AA	67	P	OD	1	4	.10	.10	12.0	12.0	16.0	2293	2132	1394	
10	LTH	61	L	OD	1	5	.05	.10	10.0	10.3	10.3	2364	2487	1890	
11	SH	61	L	OS	2	3	.10	.60	12.0	18.0	21.0	2304	2544	2347	
12	ASTM	65	L	OS	2	3	.05	.60	14.0	15.0	18.0	1968	1897	2132	
13	YBM	44	L	OD	2	3	.05	.05	13.0	14.0	16.0	2645	1168	1814	
14	TSS	75	P	OS	2	3	.20	.50	12.3	14.3	10.3	2710	2487	2512	
15	OBN	51	P	OD	2	3	.05	.05	14.0	14.0	15.0	2500	2304	2288	
16	EG	56	P	OD	2	3	.05	.60	12.3	11.3	13.0	2415	1782	2288	
17	SS	77	P	OD	2	3	.05	.20	10.7	16.6	10.3	2283	1394	1008	
18	ME	55	P	OD	2	3	.16	1.00	10.3	12.0	12.0	2577	2392	1677	
19	OBN	51	P	OS	2	4	.05	.05	14.0	22.0	14.3	2314	2020	1663	
20	DM	86	L	OD	2	4	.05	.16	12.3	9.0	10.8	2785	1984	2277	
21	MT	76	P	OS	2	5	.10	.10	17.0	13.7	12.0	2066	NA	927	
22	NS	74	P	OS	2	5	.05	.05	10.0	10.7	14.0	2463	NA	557	
23	BA	71	L	OS	2	5	.05	.05	12.0	20.0	13.7	2604	NA	389	

Ket:

Sex: L=laki-laki

NA=not available

P=perempuan

ECC=endothelial cell count

Kelompok 1=lorsional

H_1=hari ke-1 pasca

2=longitudinal

H_7=hari ke-7 pasca

IABEL INDUK

No	Nama	Tebal			Flare			EPT	BSS	Visus_1		Visus_7		Keterangan
		Pra	H_1	H_7	Pra	H_1	H_7			UCVA	BCVA	UCVA	BCVA	
1	GS	560	616	649	2.1	9.0	6.5	11.81	35	.60	.60	.40	.80	
2	AS	544	583	531	1.5	7.6	2.3	3.88	51	1.00	1.00	1.00	1.00	
3	EH	450	588	579	3.3	9.7	3.1	17.48	29	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	RL	569	582	560	2.1	3.6	4.7	14.79	50	.70	1.00	.90	1.00	
5	TP	506	513	445	3.4	11.3	10.4	14.34	35	.70	.70	.20	.90	
6	DBL	543	637	552	2.4	9.3	6.1	18.01	52	.70	.70	.70	.90	
7	PS	587	675	567	3.6	4.1	4.1	17.48	51	.05	.05	.16	.40	ARMD
8	MS	529	554	512	.3	4.6	1.7	27.97	50	.30	.30	.16	.70	
9	AA	550	556	519	1.9	9.1	1.8	18.17	49	.70	.70	.90	1.00	
10	LTH	614	710	669	2.6	19.9	2.4	34.53	53	.50	.50	.90	.90	
11	SH	586	561	564	3.3	13.8	10.6	22.83	51	1.00	1.00	.80	1.00	
12	ASTM	563	592	564	1.1	3.1	2.1	26.88	52	.30	.50	1.00	1.00	
13	YBM	578	523	564	1.9	14.1	9.8	36.84	51	.60	.90	.60	1.00	
14	TSS	529	581	598	.5	3.5	.7	15.70	52	.90	1.00	.80	1.00	
15	OBN	549	554	574	4.6	6.1	6.1	19.30	49	.75	.90	.80	1.00	
16	EG	573	570	530	.9	22.6	2.8	11.82	37	.60	.70	.20	.60	
17	SS	577	715	525	5.7	23.6	11.1	15.33	72	.25	.30	.40	.90	
18	ME	568	591	456	7.0	11.9	8.0	2.53	38	1.00	1.00	.60	1.00	
19	OBN	528	763	572	3.3	11.4	3.6	47.51	104	.40	.90	.30	.90	
20	DM	451	617	600	9.3	17.9	4.3	36.73	141	.30	.30	.30	1.00	
21	MT	568	NA	484	2.2	NA	10.0	49.43	132	.10	.10	.10	.10	Edema kornea
22	NS	462	NA	519	3.9	NA	11.5	62.01	140	.05	.05	.10	.20	Edema kornea
23	BA	516	NA	530	7.5	NA	1.5	92.70	169	.10	.10	.10	.10	Edema kornea

Ket: EPT=Effective phaco time UCVA=uncorrected visual acuity
 BSS=balanced saline solution BCVA=best corrected visual acuity

Safety and Efficiency of Torsional Phacoemulsification

Nuraini, Johan A. Hutauruk, Tjahjono D. Gondhowiardjo
Ophthalmology Department, Faculty of Medicine
University of Indonesia

Abstract

Purpose: To evaluate the safety and efficiency of torsional phacoemulsification on senile dense cataract.

Setting: Jakarta Eye Centre, Jakarta, Indonesia

Materials & Methods: Prospective, randomized, single-blind clinical trial. Twenty-four eyes with hard cataract were randomly divided into 2 groups: 10 eyes had torsional (Group 1) and 14 eyes had longitudinal phacoemulsification (Group 2). Measurements of endothelial cell count (ECC), corneal thickness (CT), and flare at 1 day after the operation are the safety indicators. Effective phacoemulsification time (EPT) and balanced saline solution (BSS) used, as an efficiency indicators, was monitored on the day of surgery. *p* value of <0.05 was considered as statistically significant.

Results: The mean ECC was higher in Group 1 [$2306.0 \text{ cell/mm}^2 \pm 348.3 \text{ (SD)}$] than Group 2 [$1997.2 \text{ cell/mm}^2 \pm 459.1 \text{ (SD)}$] ($p > 0.05$). The mean CT and flare were, respectively, $601.4 \mu\text{m} \pm 59.3 \text{ (SD)}$ and $8.82 \text{ photoncount/sec} \pm 4.70$ in Group 1; and $606.7 \mu\text{m} \pm 74.9 \text{ (SD)}$, $12.8 \text{ photoncount/sec} \pm 7.22$ in Group 2 ($p > 0.05$). Three subjects with cataract grade 5 in Group 2 had severe corneal edema. The mean EPT was $17.85 \text{ seconds} \pm 8.39 \text{ (SD)}$ and BSS usage was $45.5 \text{ mL} \pm 8.8 \text{ (SD)}$ in Group 1; and $33.81 \text{ seconds} \pm 24.53 \text{ (SD)}$, $83.6 \text{ mL} \pm 46.7 \text{ (SD)}$, respectively, in Group 2. The difference was statistically significant.

Conclusion: This study indicates that torsional phacoemulsification is more efficient in patients with a hard lens nucleus. Phacoemulsification safety also could be increased and patient outcomes improved with this modality.

Keywords: phacoemulsification, torsional, longitudinal

PENDAHULUAN

Pembedahan katarak dengan fakoemulsifikasi saat ini makin meningkat popularitasnya di seluruh dunia.^{1,2} Fakoemulsifikasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan manual ekstraksi katarak ekstra kapsular (EKEK), diantaranya waktu penyembuhan luka dan rehabilitasi visus yang lebih singkat, inflamasi, induksi astigmatisma dan insiden komplikasi yang mengancam penglihatan pasca operasi lebih rendah.^{1,3}

Meski memiliki keunggulan, fakoemulsifikasi tetap dapat menyebabkan trauma bedah dan inflamasi. Trauma terjadi karena panas, kavitasi, maupun efek mekanik yang dihasilkan selama fakoemulsifikasi. Trauma bedah merusak dan mengurangi densitas endotel kornea mencapai 4%-25%, sehingga terjadi edema kornea.^{4,5} Edema kornea merupakan komplikasi

tersering (4,4%-13%) yang terjadi dalam 48 jam pasca fakoemulsifikasi.⁶ Inflamasi terjadi karena adanya pelepasan prostaglandin yang akan meningkatkan permeabilitas *blood aqueous barrier* (BAB), sehingga konsentrasi protein di bilik mata depan (BMD) meningkat dan tampak sebagai flare.^{7,8} Trauma fakoemulsifikasi akan makin besar saat dilakukan fakoemulsifikasi pada nukleus dengan densitas makin keras.⁹

Sampai saat ini teknologi fakoemulsifikasi masih terus berkembang dengan tujuan untuk makin meningkatkan keamanan dan efisiensinya. Beberapa inovasi yang telah dilakukan misalnya dengan modifikasi fakoemulsifikasi, misalnya *handpiece*.^{10,11} *Handpiece* memiliki bagian tip (*needle*) yang akan meneruskan getaran ultrasonik berfrekuensi 40 kHz dengan gerakan

longitudinal (maju mundur) untuk menghasilkan efek *jackhammer* sehingga dapat menghancurkan lensa.¹² Meski efektif, fakoemulsifikasi longitudinal dengan efek *jackhammer*-nya dianggap kurang efisien karena hanya memanfaatkan gerakan maju untuk emulsifikasi lensa dan berpotensi menimbulkan friksi yang besar di luka insisi seiring dengan lamanya waktu fakoemulsifikasi.¹³ Saat ini telah diperkenalkan modalitas fakoemulsifikasi lain, yaitu fakoemulsifikasi torsional.¹³ Perbedaan dengan longitudinal terletak pada gerakan *phaco tip* dan frekuensi ultrasonik yang digunakan. Dengan frekuensi ultrasonik 32 kHz, *phaco tip* akan bergerak secara torsional (ke lateral kiri dan kanan) untuk mengemulsifikasi lensa. Penggunaan fraksi energi pada torsional diharapkan dapat meminimalkan energi panas yang dihasilkan, meningkatkan efisiensi proses fakoemulsifikasi, serta menghilangkan pentalan (*repulsion*) nukleus, yang terutama terjadi pada nukleus dengan densitas keras. Fakoemulsifikasi yang efisien akan mempersingkat *phaco time* singkat dan mengurangi volume *balanced saline solution* (BSS) yang terpakai.^{14,15}

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dibandingkan longitudinal pada katarak gradasi keras.

METODOLOGI

Penelitian ini adalah penelitian uji klinik acak tersamar tunggal. Keterangan lolos kaji etik diperoleh dari Panitia Tetap Penilai Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Penelitian dilakukan di *Jakarta Eye Centre*, selama bulan Desember 2006-Maret 2007. Kriteria inklusi adalah subjek dengan katarak senilis gradasi 3, 4 dan 5 (klasifikasi Buratto) dan menginginkan dilakukan bedah katarak; usia ≥ 40 tahun; tekanan intra okular (TIO) 10-21 mmHg; hitung sel endotel ≥ 1500 sel/mm², serta tidak memiliki kondisi

berikut: diabetes melitus, neovaskularisasi iris, keratokonus, distrofi kornea, dan sikatrik kornea; infeksi (konjungtivitis, keratitis) atau uveitis pada mata manapun; riwayat operasi kornea atau intraokular sebelumnya. Subjek yang tidak bersedia diikutsertakan dalam penelitian akan dieksklusi. *Drop out* apabila subjek yang telah dilakukan randomisasi tidak dapat melanjutkan penelitian atau tidak dapat diikutsertakan dalam analisis statistik yang terkait dengan parameter yang dinilai, disebabkan oleh adanya komplikasi selama fakoemulsifikasi maupun tidak dapat dilakukannya atau tidak diperolehnya hasil pemeriksaan selama tindak lanjut. Keamanan fakoemulsifikasi dinilai melalui densitas endotel, tebal kornea dan flare; sedangkan efisiensi dinilai dengan *effective phaco time* (EPT) dan volume BSS terpakai.

Teknik pemeriksaan

Pemeriksaan densitas dan ketebalan kornea dilakukan menggunakan *Noncontact Specular Microscopy* (Noncon Robo® SP 9000, Konan Inc, Tokyo) oleh petugas yang menguasai alat tersebut. Bila telah didapatkan minimal 50 *count* sel secara manual, maka akan dianalisis oleh alat tersebut untuk mendapatkan nilai sel/mm².

Pemeriksaan flare dilakukan menggunakan *Laser Flare Cell Meter* (FM 500®, Kowa, Tokyo) dan tanpa dilatasi pupil pasien. Setiap kali pemeriksaan dilakukan sebanyak 7 kali pembacaan, perbedaan dengan nilai *background* kurang dari 15%, dan akan diambil nilai reratanya. Bila terdapat nilai 0 pada tiap pembacaan, maka akan diabaikan dan dilakukan pemeriksaan ulang.⁶¹

Volume BSS adalah banyaknya cairan BSS yang digunakan selama proses fakoemulsifikasi, diperoleh dengan melubangi bagian bawah kantong penampung cairan dari kaset di mesin fakoemulsifikasi dialirkan dengan infus set ke dalam gelas ukur.

Effective Phaco Time (EPT) adalah $U/S \text{ time} \times \text{rerata power U/S} / 100$. Nilai ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk emulsifikasi lensa bila 100% power U/S digunakan sepanjang prosedur. EPT tercatat di mesin fakoemulsifikasi.

Teknik pembedahan

Selama 3 hari sebelum pembedahan, mata diberikan tetes mata Natrium diklofenak 0,1% (Noncort®, Cendo, Bandung) sebanyak 1 tetes setiap 6 jam. Fakoemulsifikasi dilakukan oleh satu orang operator (JH) dengan teknik *stop and chop*. Kelman tapered ABS phaco tip 0.9 mm, 45° (Alcon, Fort Wort, Texas) digunakan bersama Ozil® *handpiece* (Alcon, Fort Wort, Texas) dan mesin fakoemulsifikasi INFINITI Vision System (Alcon, Fort Wort, Texas). Pembedahan dilakukan dalam anestesi topikal menggunakan lidokain 0,5% (Pantocaine®, Cendo, Bandung). Pupil dilebarkan dengan tropikamid 1% (Midriatil® 1%, Cendo, Bandung). *Clear corneal incision* berukuran 2,2 mm dilakukan di temporal. BMD diisi dengan 2 jenis viskoelastik, yaitu NaHakondroitin sulfat (Viscoat®, Alcon, Fort Worth, Texas) and NaHa (Provisc®, Alcon, Fort Worth, Texas), dengan *soft-shell technique*. Fakoemulsifikasi dilakukan menggunakan teknik *stop and chop* dengan *setting* mesin yang telah ditentukan. Lensa tanam yang dipasang adalah *acrylic foldable IOL* (Acrisof®, SA60AT, Alcon, Fort Wort, Texas). Setelah irigasi/aspirasi diberikan karbakol 0.01% (Miostat®, Cendo, Bandung) untuk mengecilkan pupil. Luka insisi ditutup dengan hidrasi kornea dan diberikan tetes antibiotik dan kortikosteroid (Polydex®, Cendo, Bandung).

Kedua subjek kelompok fakoemulsifikasi menjalani prosedur yang sama dan dengan *setting* mesin sebagai berikut. *setting* untuk torsional, terdiri atas: (I) U/S power, continuous, 100%; vacuum, 90mm Hg, aspiration flow rate,

27cc/menit; (II) U/S power, continuous, 100%; vacuum, 350mmHg; aspiration flow rate, 35cc/menit; dan (III) U/S power, continuous, 100%; vacuum, 300mmHg; aspiration flow rate, 30cc/menit. *Setting* untuk longitudinal terdiri atas: (I) U/S power, burst, 60%; 30% on; vacuum, 90mm Hg; aspiration flow rate, 27cc/menit; (II) U/S power, burst, 60%; 30% on; vacuum, 350mm Hg; aspiration flow rate, 35cc/menit; (III) U/S power, burst, 50%; 50% on; vacuum, 300mm Hg; aspiration flow rate, 30cc/menit.

Pasca bedah diberikan tetes mata Ofloxacin 0,3% (Floxa®, Cendo, Bandung) dan tetes mata kombinasi antibiotik Polimiksin B sulfat 6000 IU dan Neomisin sulfat 5 mg) dan steroid (Deksametason fosfat 1 mg) (Polydex®, Cendo, Bandung). 6 kali sehari, selama 2 minggu.

Analisis statistik

Untuk membandingkan parameter keamanan kedua kelompok digunakan *Repeated-measures (two-way ANOVA)*; sedangkan untuk parameter efisiensi digunakan uji T tidak berpasangan atau uji Mann-Whitney. Untuk membandingkan karakteristik subjek, digunakan uji T tidak berpasangan atau Mann-Whitney untuk variabel numerik; sedangkan bila variabel kategorik, digunakan uji Chi Square atau Kolmogorov-Smirnov. Normalitas data dinilai dengan Shapiro-Wilk. Nilai $p < 0,05$ dinyatakan bermakna. Proses analisis data dilakukan menggunakan *Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows*, versi 13 (SPSS Inc, Chicago, IL). Data akan ditampilkan dalam bentuk tabel, diagram dan narasi.

HASIL

Penelitian berlangsung sejak Desember 2006 sampai dengan Maret 2007. Sebanyak 24 orang (24 mata) subjek dapat dikumpulkan secara konsekutif dan dibagi menjadi 2 kelompok dengan alokasi random (randomisasi

Tabel 1. Karakteristik subjek kedua kelompok

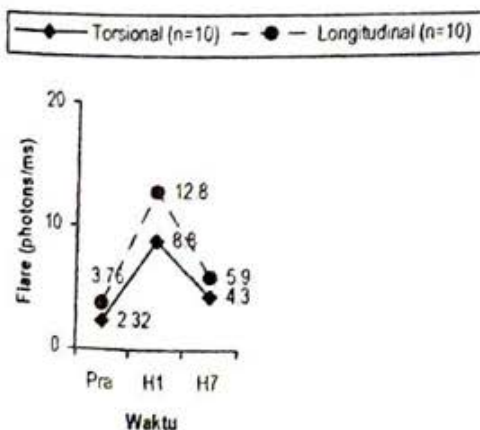
Karakteristik	Torsional (n=10)	Longitudinal (n=13)
	Rerata ±SD	Rerata ± SD
Usia (tahun)	63,8 ± 11,5	64,7 ± 12,7
TIO (mmHg)	12,79 ± 3,02	12,60 ± 1,8
Katarak (n mata)		
-Gradasi 3	5	8
-Gradasi 4	4	2
-Gradasi 5	1	3

blok). Satu mata mengalami *drop out* karena mengalami zonulisis intraoperatif. Kelompok 1 dilakukan fakoemulsifikasi torsional, sedangkan kelompok 2 dilakukan fakoemulsifikasi longitudinal. Kelompok 1 terdiri atas 10 orang subjek (10 mata), sedangkan kelompok 2 terdiri atas 13 subjek (13 mata).

Rentang usia subjek kelompok torsional adalah 45-78 tahun, sedangkan longitudinal 44-86 tahun. TIO berada dalam rentang normal. Gradasi katarak sebagian besar merupakan gradasi 3 ($p > 0,05$) (Tabel 1).

Untuk penilaian parameter keamanan, terdapat 3 subjek gradasi 5 kelompok longitudinal yang tidak dapat diikutsertakan dalam analisis statistik karena mengalami edema kornea berat pada hari ke-1 pasca bedah.

Tabel 2 menunjukkan densitas endotel pra dan pasca bedah pada kedua kelompok.



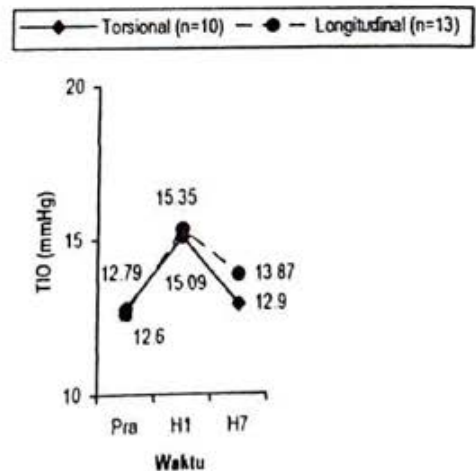
Gambar 1. Rerata nilai flare pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Tabel 2. Densitas endotel dan tebal kornea pada kedua kelompok

Variabel	Torsional (n=10)	Longitudinal (n=10)
	Rerata ±SD	Rerata ± SD
Densitas endotel (sel/mm ²)		
-Pra bedah	2487,5 ± 348,3	2433,3 ± 242,4
-Pasca bedah:		
-H1	2306,0 ± 348,3	1997,2 ± 459,1
-H7	2121,0 ± 316,7	2000,6 ± 456,9
Tebal kornea (µm)		
-Pra bedah	545,2 ± 44,9	544,4 ± 44,4
-Pasca bedah		
-H1	601,4 ± 59,3	606,7 ± 74,9
-H7	558,3 ± 65,2	554,7 ± 42,2

Tampak kelompok torsional cenderung memiliki rerata densitas pasca bedah hari ke-1 dan ke-7 lebih tinggi dan kehilangan endotel yang lebih rendah dibandingkan longitudinal, meski nilai tersebut tidak berbeda bermakna secara statistik ($p > 0,05$, uji *Two-way ANOVA*). Nilai flare kedua kelompok meningkat pada hari ke-1 pasca bedah dan menurun kembali pada hari ke-7 ($p > 0,05$, uji *Two-way ANOVA*). (Gambar 1)

Tabel 3 menunjukkan kelompok torsional cenderung lebih efisien daripada longitudinal ($p < 0,05$).



Gambar 2. Rerata TIO pra dan pasca bedah pada kedua kelompok

Tabel 3. Parameter efisiensi kedua kelompok

Variabel	Torsional (n=10)	Longitudinal (n=13)	p
	(Rerata±SD)	(Rerata±SD)	
EPT (sec)	17,85±8,39	33,81±24,53	0,045*
BSS (mL)	45,5±8,8	83,6±46,7	0,026†

*Uji T tidak berpasangan
†Uji Mann-Whitney

Visus pasca fakoemulsifikasi hari ke-1 pada 20 subjek penelitian dapat dilihat pada Tabel 4. Hampir seluruh subjek penelitian memiliki UCVA maupun BCVA dengan kategori baik menurut WHO (0,3-1,0). Pada kedua kelompok, tekanan intra okular meningkat paling tinggi pada hari ke-1 hari pasca bedah. (Gambar 2) Selama masa tindak lanjut hari ke-1 dan ke-7, TIO kedua kelompok fakoemulsifikasi tidak berbeda bermakna ($p > 0,05$).

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada katarak dengan densitas keras berdasarkan klasifikasi Buratto (gradasi 3 sampai 5). Indonesia sebagai negara tropis dan dengan paparan ultraviolet tinggi menyebabkan katarak di negara ini lebih banyak ditemukan pada densitas yang lebih keras. Katarak berdensitas keras memiliki risiko penyulit intra dan pasca bedah lebih tinggi dibandingkan densitas lunak.¹⁶ Katarak densitas keras membutuhkan energi ultrasonik dan volume BSS yang lebih besar, serta dapat terjadi penekanan berlebihan pada *capsular bag* dan zonula zini.^{17,18} Komplikasi terjadi pada 4 subjek katarak gradasi 5 kelompok longitudinal, yaitu 1 subjek mengalami zonulisis intra operatif, sedangkan 3 lainnya mengalami edema kornea berat pasca bedah. Menurut Hayashi dkk¹⁶, kehilangan endotel berhubungan dengan usia, densitas katarak, volume BSS dan waktu fakoemulsifikasi yang lebih lama. Densitas katarak merupakan faktor risiko terbesar untuk terjadinya kehilangan endotel dan edema kornea pasca bedah.^{5,16} Pada katarak *brunescent* dan *black cataract* kehilangan endotel pasca

Tabel 4. Visus pasca bedah hari ke-1

Visus	Torsional (n=10)		Longitudinal (n=10)	
	UCVA	BCVA	UCVA	BCVA
Baik (0,3-1,0)	9	9	9	10
Sedang (0,1-<0,3)	0	0	1	0
Buruk (<0,1)	1	1	0	0

fakoemulsifikasi mencapai 13,05% dan 15%.¹⁹

Kehilangan endotel dilaporkan bervariasi antara 4%-25%. Pada penelitian ini, rerata kehilangan endotel lebih besar terjadi pada hari ke-7 untuk masing-masing kelompok. Meski perbedaan antara kedua kelompok tidak bermakna secara statistik, kehilangan lebih besar terjadi pada kelompok longitudinal. Kelompok torsional memiliki rerata kehilangan endotel yang lebih sedikit karena lebih kecilnya energi ultrasonik maupun faktor pentalan nukleus di BMD berarti mengurangi faktor penyebab trauma bedah Gerakan torsional hanya menggunakan sepertiga energi dibandingkan longitudinal. Dengan demikian, meski penelitian ini menggunakan 100% *power* untuk torsional, namun energi maupun dampak yang dihasilkan sepadan dengan 60% longitudinal.²⁰

Pengukuran tebal kornea telah dipakai pada berbagai penelitian untuk menilai besarnya trauma terhadap endotel kornea selama fakoemulsifikasi.²¹⁻²⁴ Peningkatan tebal kornea terutama pada hari ke-1 pasca bedah. Edema kornea merupakan keadaan yang bersifat sementara dan mulai berkurang pada hari ke-7. Edema lebih besar terjadi pada kelompok longitudinal. Pada seluruh subjek gradasi 5 kelompok longitudinal, terjadi edema kornea berat sehingga tidak dapat dilakukan pemeriksaan *specular microscopy* dan *flameter* pada hari ke-1 pasca bedah. Meski tidak dapat diperoleh nilai objektif pengurangan densitas endotel dan peningkatan tebal kornea, adanya edema kornea berat dapat menjadi gambaran dampak fakoemulsifikasi

longitudinal terhadap katarak gradasi 5. Penyebab edema tersebut adalah lebih besarnya energi ultrasonik yang digunakan atau akibat turbulensi fragmen nukleus di BMD. Besarnya kehilangan endotel tidak selalu paralel dengan jetebaran kornea. Pemulihan fungsi endotel sudah dapat terjadi tanpa harus mencapai jumlah densitas endotel pra bedah. Pada saat endotel telah melapisi area kornea (*monolayer*) yang rusak, endotel sudah dapat menjalankan fungsinya, sehingga meski pada hari ke-7 tetap terjadi kehilangan endotel, pada hari yang sama telah terjadi pemulihan tebal kornea.²⁵

Nilai *flare* pada hari ke-1 pasca bedah pada kedua kelompok meningkat. Lebih besarnya peningkatan *flare* pada kelompok longitudinal kemungkinan karena trauma yang lebih besar, baik akibat energi ultrasonik yang lebih besar maupun gerakan longitudinal yang menghasilkan lebih banyak *repulsion* dan turbulensi di BMD, sehingga menginduksi pelepasan prostaglandin.^{13,26} Hasil yang sama telah dilaporkan oleh beberapa peneliti.²⁶⁻²⁷ Faktor usia, densitas katarak, waktu fakoemulsifikasi, volume BSS dan variasi diurnal juga berpengaruh terhadap nilai *flare*.²⁸ Peningkatan *flare* pasca bedah bersifat reversibel. Nilai *flare* pada hari pertama pasca bedah akan berkurang pada hari ke-7. Ini menggambarkan mulai pulihnya kondisi BAB.²⁹

Waktu fakoemulsifikasi menentukan banyaknya energi yang digunakan dan trauma yang dihasilkan. Penelitian ini mendapatkan EPT yang lebih lama pada kelompok fakoemulsifikasi longitudinal. Perbedaan waktu fakoemulsifikasi antara 2 kelompok karena perbedaan kecepatan gerakan *phaco tip* masing-masing dalam menghancurkan lensa.^{22,26,30} Hasil ini sama dengan yang dilaporkan oleh Liu dan kawan-kawan²². EPT yang lebih lama merupakan gambaran lebih besarnya energi yang diperlukan untuk emulsifikasi lensa. Waktu fakoemulsifikasi dan energi

yang dibutuhkan selama fakoemulsifikasi akan meningkat seiring dengan meningkatnya kekerasan nukleus.²⁶ O'Brien³¹ dan Pereira³² melaporkan bahwa waktu fakoemulsifikasi yang makin lama, lebih besarnya *power* ultrasonik dan makin kerasnya densitas katarak menyebabkan kehilangan endotel makin besar.

Proses fakoemulsifikasi membutuhkan dinamika cairan (BSS) yang cukup untuk irigasi/aspirasi, pendingin dan mempertahankan BMD agar tidak kolaps. Penelitian ini memperlihatkan bahwa rerata volume BSS terpakai pada kelompok torsional 45,5% lebih rendah daripada longitudinal. Penggunaan volume BSS yang lebih besar menjadi faktor risiko untuk terjadinya kerusakan endotel kornea akibat turbulensi di BMD dan trauma mekanik pada endotel.^{1,16,33}

Besarnya volume BSS terpakai dipengaruhi oleh densitas katarak. Perbedaan tersebut kemungkinan terkait dengan gerakan torsional yang lebih cepat mengemulsifikasi lensa, sehingga waktu fakoemulsifikasi menjadi lebih singkat dan BSS lebih sedikit terpakai. Ini sesuai dengan dilaporkan oleh beberapa peneliti yang menilai performa fakoemulsifikasi torsional.^{19,26,34}

Bedah katarak bertujuan mencapai UCVA hari 1 pasca bedah (POD1) dengan kategori baik menurut WHO.²² Penelitian ini mendapatkan bahwa UCVA POD1 hampir seluruh subjek penelitian berada pada kategori tersebut. Visus tidak dijadikan parameter keamanan maupun efisiensi karena banyak faktor yang mempengaruhi visus, seperti biometri, IOL, kondisi retina, makula dan sebagainya.

Kelemahan penelitian ini adalah minimnya jumlah sampel dan tidak dibagi berdasarkan gradasi katarak. Penelitian Liu dkk²² yang membandingkan fakoemulsifikasi torsional dengan fakoemulsifikasi *conventional* menggunakan total jumlah sampel untuk 2 kelompok mencapai 525 orang. Selain

itu, reliabilitas *specular microscopy* paling rendah dibandingkan *ultrasound pachymetry* dan *ultrasound biomicroscopy*. Ini karena *noncontact specular microscopy* melakukan pengukuran pada area kornea yang sama pada tiap waktu.^{21,25,36} Pergeseran 1 mm dari lokasi semula juga menyebabkan perubahan densitas endotel sebesar ± 56 sel/mm² (2,0%). Faktor-faktor tersebut kemungkinan juga menyebabkan perbedaan hasil fakoemulsifikasi torsional dan longitudinal berdasarkan parameter efisiensi dan keamanan secara statistik. Berdasarkan kepustakaan, efisiensi (EPT dan volume BSS) akan mempengaruhi trauma bedah yang ditimbulkan, dan ini juga berarti mempengaruhi keamanan.^{31,32,33}

Dengan berbagai kekurangan yang dimiliki, namun penelitian ini masih merupakan penelitian pertama di Indonesia yang membandingkan keamanan dan efisiensi fakoemulsifikasi torsional dengan longitudinal. Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan fakoemulsifikasi torsional lebih efisien dibandingkan longitudinal. Dengan lebih efisien, maka fakoemulsifikasi torsional cenderung lebih aman dibandingkan dengan longitudinal, meski hal ini belum dapat dibuktikan secara statistik.

Daftar Rujukan

1. Linebarger EJ, Hardien DR, Shah GK, Lindstrom RL. Phacoemulsification and modern cataract surgery. *Surv Ophthalmol* 1999;44:123-47.
2. Spalton D, Koch D. The constant evolution of cataract surgery. *Br Med J* 2000;321:1304.
3. Desai P, Minassian DC, Reidy A. National cataract surgery survey 1997-8: a report of the results of the clinical outcomes. *Br J Ophthalmol* 1999;83:1336-40.
4. Packer M, Fishkind W, Fine H, Seibel BS, Hoffman RS. The physics of phaco: a review. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:424-31.
5. Bourne RRA, Minassian DC, Dart JKG, Rosen P, Kaushal S, Wingate N. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology* 2004;111:679-85.
6. Goh D, Lim N. Day 1 review following cataract surgery: are we seeing the precise details? *Br J Ophthalmol* 2002;86:481-2.
7. Chumha-Vaz J. The blood ocular barriers. *Surv Ophthalmol* 1979;23:279-96.
8. Cioffi GA, Granstam E, Alm A. Ocular circulation. In: Kaufman PL, Alm A, editors. *Adler's physiology of the eye: clinical application* 10th ed. St. Louis: Mosby, 2003; p.747-84.
9. Waring GO, Bourne WM, Edelhauser HF, Kenyon KR. The corneal endothelium: normal and pathologic structure and function. *Ophthalmology* 1982;89:531-90.
10. Shah PA, Yoo S. Innovations in phacoemulsification technology. *Curr Opin Ophthalmol* 2007;18:23-6.
11. Vargas LG, Holzer MP, Solomon KD, Sandoval HP, Apple DJ. Endothelial cell integrity after phacoemulsification with 2 different handpieces. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:478-82.
12. Soekardi I, Hutaeruk JA. Fakoemulsifikasi dalam: Soekardi I, Hutaeruk JA, editor. *Transisi menuju fakoemulsifikasi*. Edisi pertama. Jakarta: Granit, 2004; p. 107-49.
13. Allen D. The Ozil torsional phacoemulsification technology: an overview and study results. *Cataract & Refractive Surgery Today (Suppl)* 2006:4-6.
14. Boukhny M, Mackool R. Exploring and understanding the benefits of torsional phacoemulsification. *EyeWorld* 2006;2(2)Suppl:1-3.
15. The science of torsional phacoemulsification. *Ocular Surgery News* 2006 July 1.
16. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:1079-84.
17. Chakrabarti A, Singh S, Krishnadev R. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:1041-7.
18. Vajpayee RB, Bansal A, Sharma N, Dada T, Dada V K. Phacoemulsification of white hypermature cataract. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:1157-60.
19. Singh R, Vasavada AR, Janaswamy G. Phacoemulsification of bruniscent and black cataracts. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1762-9.
20. Mikhailov P. Torsional phaco new ultrasound lens removal modality. *Ophthalmology Review*.
21. Ventura ACS, Waini R, Bohrike M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2001;85:18-20.
22. Liu Y, Zeng M, Liu X, Luo L, Yuan Z, Xia Y, et al. Torsional mode versus conventional ultrasound mode phacoemulsification: Randomized comparative clinical study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:287-92.
23. Lundberg B, Jonsson M, A B. Postoperative corneal swelling correlates strongly to corneal endothelial cell loss after phacoemulsification.

- cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2005,139:1035-41
24. Vargas JM, McCulley JP, Bowman RW, Johnston EW, Jani BR, Shen J. Effect of phacoemulsification on corneal thickness. *Am J Ophthalmol* 2003,136:171-172.
 25. Yee RW, Geroski DH, Matsuda M, Champeau EJ, Meyer LA, Edelhauser HF. Correlation of corneal endothelial pump site density, barrier function, and morphology in wound repair. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985,26:1191-1201.
 26. Lindstrom RL. Surgical results and implications. *Ocular Surgery News* 2006;Sect. 7-10.
 27. Laurell C, Zetterstrom C, Philipson B, Syren-Nordqvist S. Randomized study of the blood-aqueous barrier reaction after phacoemulsification and extracapsular cataract extraction. *Acta Ophthalmol Scand* 1998,76:573-6.
 28. Ladas JG, Wheeler NC, Morhun PJ, Rimmer SQ, Holland GN. Laser flare-cell photometry: methodology and clinical applications. *Surv Ophthalmol* 2005,50:27-47.
 29. Findl O, Amon M, Petternel V, Kruger A. Early objective assessment of intraocular inflammation after phacoemulsification cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2005,29:2143-7.
 30. Lindstrom RL. Scientific models and laboratory performance. *Ocular Surgery News* 2006 July 1, 2006;Sect. 4-6.
 31. O'Brien PD, Fitzpatrick P, Kilmartin DJ, Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by junior resident. *J Cataract Refract Surg* 2004,30:839-43.
 32. Pereira ACA, Porfirio F, Freitas LJ, Belfort R. Ultrasound energy and endothelial cell loss with stop-and-chop and nuclear preface phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2006,32:1661-6.
 33. Narayanan R, Gaster RN, Kenney C. Pseudophakic corneal edema: a review mechanisms and treatments. *Cornea* 2006,25:993-1004.
 34. Tjia K. Efficiency of torsional versus longitudinal ultrasound: a comparison of fluid use in hard cataract cases. [Abstract] In ESCRS, 9-13 September, London, 2006.
 35. American Academy of Ophthalmology. Corneal endothelial photography Three-year revision. *Ophthalmology* 1997,104:1360-6.
 36. Bourne WM, McLaren JW. Clinical responses of the corneal endothelium. *Exp Eye Res* 2004,78:561-72.



UNIVERSITAS INDONESIA

TESIS

KEAMANAN DAN EFISIENSI FAKOEMULSIFIKASI TORSIONAL

dr. Nuraini

Nomor Mahasiswa: 4103072112

**Disusun sebagai syarat
untuk memperoleh gelar Dokter Spesialis Mata**

**Departemen Ilmu Kesehatan Mata
Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
Rumah Sakit dr. Cipto Mangunkusumo**

Jakarta

2007