

**HUBUNGAN ANTARA DENSITAS NUKLEUS DENGAN  
EFFECTIVE PHACO TIME DAN PHACO TIME  
MENGUNAKAN TEKNIK PHACO CHOP**

**CORRELATION AMONG NUCLEUS DENSITY,  
EFFECTIVE PHACO TIME AND PHACO TIME  
USING THE PHACO CHOP TECHNIQUE**



**CHAIRUNISA FERDIANA**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2007**

**HUBUNGAN ANTARA DENSITAS NUKLEUS DENGAN  
EFFECTIVE PHACO TIME DAN PHACO TIME  
MENGUNAKAN TEKNIK PHACO CHOP**

**CORRELATION AMONG NUCLEAR DENSITY,  
EFFECTIVE PHACO TIME AND PHACO TIME  
USING THE PHACO CHOP TECHNIQUE**

**TESIS**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
Dokter Spesialis Mata

Program Pendidikan Dokter Spesialis I  
Ilmu Kesehatan Mata

Disusun dan Diajukan oleh

CHAIRUNISA FERDIANA

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **Hubungan antara Densitas Nukleus dengan Effective Phaco Time dan Phaco Time Menggunakan Teknik Phaco Chop**

Nama : dr. Chairunisa Ferdiana

No Pokok Mahasiswa

Pasca Sarjana : P2402202011

Program Pendidikan : Dokter Spesialis I

Program Studi : Ilmu Kesehatan Mata

**Menyetujui,**  
Pembimbing

**Dr. Ahmad Afifudin, Sp.M**  
Ketua

**Dr. Noor Syamsu, Sp.M**  
Anggota

**Dr. Hamzah, Sp.M**  
Anggota

Mengetahui:

**Ketua Program Studi I.K Mata  
Fakultas Kedokteran UNHAS**

**Ketua Bagian I.K Mata  
Fakultas Kedokteran UNHAS**

**Dr. Rahasiah Taufik, Sp.M**

**Dr. Habibah S.Muhiddin, Sp.M**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, bimbingan dan pertolonganNya. Berkat kehendak dan perkenanNya jualah saya dapat menyusun tesis ini sebagai persyaratan sekaligus merupakan karya akhir saya dalam penyelesaian pendidikan spesialis dalam bidang Ilmu Kesehatan Mata, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.

Saya mengharapkan karya akhir yang berjudul **hubungan antara densitas nukleus dengan effective phaco time dan phaco time menggunakan teknik phaco chop** ini dapat memberikan masukan dan menambah wawasan, walaupun saya menyadari bahwa penulisan karya akhir ini masih jauh dari kesempurnaan.

Pada kesempatan ini dengan hati yang tulus dan penuh hormat, saya ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Direktur Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin atas kesempatan yang diberikan kepada saya sehingga dapat mengikuti pendidikan pasca sarjana.
2. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti program pendidikan keahlian di Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
3. Koordinator PPDS-I Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang senantiasa memantau kelancaran program pendidikan saya.
4. Prof.DR.Dr. Rukiah Syawal,SpM(K), Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Mata pada masa beliau yang telah bersedia menerima saya sebagai peserta PPDS serta

- dengan kesungguhan hati telah membimbing dan mendidik saya selama mengikuti pendidikan.
5. Dr. Habibah S. Muhiddin,SpM, Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Mata yang telah mendidik, memberi nasehat, membimbing dan menyemangati saya selama mengikuti pendidikan.
  6. Dr. Rahasiah Taufik,SpM, Ketua Program Studi Dokter Spesialis I Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas bimbingan dan didikannya selama mengikuti pendidikan.
  7. Dr. Ahmad Afifudin, SpM selaku pembimbing saya dalam penulisan karya akhir ini dan atas segala bantuan tanpa kenal lelah, kesempatan dan kemudahan yang telah diberikan kepada saya dalam melakukan penelitian.
  8. Dr. Hamzah, SpM atas segala kebaikan hati, bimbingan serta masukan, dan bantuan terutama pengumpulan sampel dalam penelitian ini.
  9. Dr. Noor Syamsu, SpM selaku pembimbing saya selama menjalani pendidikan sekaligus menjadi pembimbing dalam penulisan karya akhir ini atas kesediannya membimbing, memberi masukan yang sangat berharga dan mengarahkan saya dengan penuh perhatian dan kesabaran.
  10. DR.Dr. Ilhamjaya Patellongi, MS selaku konsultan statistik atas kesediannya membimbing dan mengkoreksi sejak awal hingga hasil penelitian ini.
  11. Seluruh Staf Bagian Ilmu Penyakit Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Dr. A. Rukmini Fachry,SpM, Dr. Noro Waspodo, SpM, , Dr. Junaedi Sirajuddin, SpM, Dr. Halimah Pagarra, SpM, Dr. Munzyl Yunus, SpM, Dr. Muliastnaeny, SpM, Dr. Hudaedah, SpM, Dr. A. Sengngeng, SpM, Dr. Suliati P.

- Amir, SpM, Dr. Benny Untu, SpM, Dr. Budu, SpM, PhD, Dr. Batari T.Umar, SpM, Dr. Purnamanita Syawal, SpM selaku guru-guru yang sangat berjasa dalam memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya.
12. Para Direktur dan Staf rumah sakit dimana saya telah mengikuti pendidikan yaitu RS. Wahidin Sudirohusodo, Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Makassar, RSUD Labuang Baji, RS Pelamonia, RS Akademis Jaury Yusuf Putra, atas segala bantuan fasilitas dan kerjasamanya selama pendidikan saya.
  13. Direktur, para paramedis dan segenap staf Klinik Mata Orbita Makassar atas kesempatan, kerjasama dan bantuan yang sangat berarti dalam pengumpulan sampel penelitian ini.
  14. Para pegawai/karyawan Bagian Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, para paramedis dimana saya telah mengikuti pendidikan spesialis Mata, atas segala bantuan dan kerjasamanya selama saya menempuh pendidikan.
  15. Seluruh sahabat teman sejawat peserta PPDS-I Ilmu Kesehatan Mata Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, kakak-kakak dimanapun bertugas dan adik-adik yang sedang berjuang, atas jalinan persaudaraan, dukungan, kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.
  16. Kepada ayahanda tercinta H. Nachrowi (Almarhum) yang tidak sempat melihat kesempatan ini serta ibunda Hj. Maslichah yang sangat saya cintai, yang dengan tulus dan penuh kasih sayang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan, bantuan dan nasehat sehingga pendidikan ini dapat saya selesaikan dengan baik.

17. Kepada ayahanda mertua saya Drs. Sutrisno,Mpd (Almarhum) yang saya hormati dan ibunda mertua tercinta Dra. Hartatik,MSc, yang telah banyak memberikan dorongan moril kepada saya sehingga dapat menyelesaikan pendidikan ini.
18. Segenap keluarga yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya.
19. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian saya baik secara langsung maupun tidak langsung.
20. Akhirnya kepada suami saya tercinta dr. Johan Bastian dan permata hati saya Ahmad Ferhan Rafrijal Fauzan yang sangat saya sayangi, tidak lupa Mistriani pengasuhnya, atas segala dorongan, pengertian dan penuh kesabaran mendampingi saya sehingga dapat mengikuti dan menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk kita semua dan kiranya Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, karunia dan hidayahNya, serta melindungi setiap langkah dan pengabdian kita.

Makassar, Maret 2007

**Chairunisa Ferdiana**

## ABSTRAK

CHAIRUNISA FERDIANA. Hubungan Antara Densitas Nukleus dengan Effective Phaco Time dan Phaco Time Menggunakan Teknik Phaco Chop ( dibimbing oleh Ahmad Afifudin, Hamzah dan Noor Syamsu ).

Penelitian observasional *cross sectional study* untuk mengetahui hubungan antara densitas nukleus dengan *effective phaco time* dan *phaco time*. Penelitian berlangsung selama 5 bulan di klinik mata Orbita Makassar. Didapatkan 30 mata katarak senil yang dibagi menjadi 3 kelompok yaitu derajat lunak (densitas nukleus 2), derajat sedang (densitas nukleus 3), dan derajat keras (densitas nukleus 4 dan 5). Pada seluruh mata dilakukan prosedur fakoemulsifikasi konvensional (coaxial) menggunakan teknik phaco chop dengan modulasi power linier, mesin Sovereign (AMO), dan dilakukan implantasi lensa intra okuler. *Effective phaco time* dan *phaco time* dicatat selama operasi berlangsung. Didapatkan rata-rata *effective phaco time* pada derajat lunak  $6.09 \pm 5.70$  detik (0.38 – 11.78 detik), derajat sedang sebesar  $11.51 \pm 8.73$  detik (2.78 – 20.24 detik), dan derajat keras  $21.72 \pm 14.02$  detik (7.69 – 35.73 detik). Semakin keras densitas nukleus, semakin panjang *effective phaco time*nya ( $r = 0.545$ ,  $p = 0.0020$ ). Rata-rata *phaco time* pada derajat lunak sebesar  $70.57 \pm 29.09$  detik (41.48 – 99.66 detik), derajat sedang  $154.42 \pm 72.33$  detik (82.09 – 226.75 detik), dan derajat keras  $236.86 \pm 152.87$  detik (83.99 – 389.73 detik). Makin keras densitas nukleus, *phaco time* semakin lama ( $r = 0.541$ ,  $p = 0.0020$ ). Berdasarkan uji statistik disimpulkan adanya hubungan linier positif antara derajat densitas nukleus dengan *effective phaco time* dan *phaco time*.

## ABSTRACT

CHAIRUNISA FERDIANA. Correlation Among Nucleus Density, Effective Phaco Time and Phaco Time Using the Phaco Chop Technique ( supervised by Ahmad Afifudin, Hamzah and Noor Syamsu ).

In order to assess the pertinency among nuclear density, effective phaco time and phaco time, an observation cross-sectional study has been conveyed, during 5 months period in ophthalmologist clinic Orbita, Makassar. Thirty eyes with senile cataract were comprised and divided into 3 groups according to nuclear density gradation, which is soft (grade 2), moderate (grade 3), and hard (grade 4 and 5). All eyes underwent conventional phacoemulsification procedure (coaxial phacoemulsification) with phaco chop technique, linear modulation using Sovereign (AMO) equipment. Intraocular lens was implanted intracapsularly. Effective phaco time and phaco time were recorded intraoperatively. Mean of effective phaco time was  $6.09 \pm 5.70$  seconds (0.38 – 11.78 seconds) in soft nuclear density,  $11.51 \pm 8.73$  seconds (2.78 – 20.24 seconds) in moderate nuclear density,  $21.72 \pm 14.02$  seconds (7.69 – 35.73 seconds) in hard nuclear density. There was a statistically significant correlation between nucleus hardness and effective phaco time, mean effective phaco time were found to be significantly higher in the harder density ( $r = 0.545$ ,  $p = 0.0020$ ). Phaco time mean of eyes with soft, moderate, and hard nuclear density were  $70.57 \pm 29.09$  seconds (41.48 – 99.66 seconds),  $154.42 \pm 72.33$  seconds (82.09 – 226.75 seconds),  $236.86 \pm 152.87$  seconds (83.99 – 389.73 seconds). Further analysis showed a correlation between nuclear density and phaco time ( $r = 0.541$ ,  $p = 0.0020$ ). Conclusion, there is a positive correlation among nuclear density, effective phaco time and phaco time.

## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL, GAMBAR DAN LAMPIRAN.....	x
 <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang masalah.....	1
B. Rumusan masalah.....	4
C. Tujuan penelitian.....	4
a. Tujuan umum.....	4
b. Tujuan khusus.....	4
D. Hipotesis.....	5
E. Manfaat penelitian.....	5
 <b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan umum mengenai katarak.....	6
B. Perkembangan teknik bedah katarak.....	7
C. Fakoemulsifikasi.....	8
a. Fakodinamika dan instrument setting.....	8
b. Mekanisme pompa mesin fakoemulsifikasi.....	9
1. Sistem peristaltik.....	9
2. Sistem venturi.....	10
c. Phaco power.....	11
d. Modulasi energi.....	12
1. Linear / continuous mode.....	12
2. Pulse mode.....	12

3. Burst mode.....	13
4. Teknologi WhiteStar.....	14
e. Phaco time.....	14
1. Effective phaco time.....	14
2. Total phaco time.....	14
f. Teknik fakoemulsifikasi.....	15
1. Generasi I.....	15
2. Generasi II.....	15
3. Generasi III.....	16
4. Generasi IV.....	16
g. Teknik nukleofraksis.....	17
1. Divide and conquer.....	17
2. Phaco chop.....	17
3. Quick chop.....	18
4. Stop & chop.....	28
h. Teknik fakoemulsifikasi dalam hal luasnya insisi dan sistem aliran cairan.....	19
1. Teknik fakoemulsifikasi konvensional.....	19
2. Micro-incision cataract surgery (MICS).....	19
3. Microcoaxial cataract procedure.....	20
i. Komplikasi.....	20

**BAB III. KERANGKA KONSEP** 21

**BAB IV. METODE PENELITIAN**

A. Bentuk penelitian.....	23
B. Lokasi dan waktu penelitian.....	23
C. Populasi sampel.....	23
D. Perkiraan besar sampel.....	23
E. Kriteria sampel.....	24
F. Identifikasi variabel.....	24

G. Definisi operasional.....	24
H. Sarana penelitian.....	27
I. Prosedur penelitian.....	27
J. Alur penelitian.....	28
K. Pencatatan data.....	29
L. Pengolahan dan penyajian data.....	29
M. Metode analisis.....	29
<b>BAB V. HASIL PENELITIAN</b>	<b>30</b>
<b>BAB VI. PEMBAHASAN</b>	<b>36</b>
<b>BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>41</b>
<b>KEPUSTAKAAN</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL, GAMBAR DAN LAMPIRAN

halaman

### DAFTAR TABEL

1. Karakteristik demografi penderita.....	30
2. Hasil analisis deskriptif effective phaco time dan phaco time.....	31
3. Perbedaan effective phaco time menurut derajat densitas nukleus.....	32
4. Perbandingan effective phaco time menurut derajat densitas nukleus.....	33
5. Perbedaan phaco time menurutderajatdensitas nukleus.....	33
6. Perbandingan phaco time menurut derajat densitas nukleus.....	35

### DAFTAR GAMBAR

1. Grafik distribusi sampel menurut umur.....	31
2. Grafik effective phaco time menurut derajat densitas nukleus.....	32
3. Grafik phaco time menurut derajat densitas nukleus.....	34

### DAFTAR LAMPIRAN

1. Daftar isian penelitian
2. Surat persetujuan (informed consent)
3. Tabel induk penelitian

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar belakang masalah

Katarak adalah penyebab kebutaan utama di dunia dan dialami oleh lebih dari 15 juta penduduk di seluruh dunia dan merupakan salah satu masalah cukup besar yang terdapat di Indonesia.<sup>1</sup> Jumlah penderita katarak di Indonesia saat ini berbanding lurus dengan jumlah penduduk usia lanjut pada tahun 2000, yang diperkirakan mencapai besaran 15,3 juta atau 7,4% dari total jumlah penduduk Indonesia.<sup>2</sup> Dibandingkan dengan angka kebutaan negara-negara di Regional Asia Tenggara, angka kebutaan di Indonesia yang tertinggi. Insiden katarak 0,1% ( 210 ribu orang ) /tahun, yang menjalani operasi baru sekitar 80.000 orang / tahun.<sup>2</sup> Tindakan bedah (operasi) merupakan satu-satunya pengobatan yang dapat memberikan perbaikan penglihatan, oleh karena itu bedah katarak menjadi tindakan bedah yang paling banyak dilakukan oleh dokter ahli mata.<sup>1</sup>

Bedah katarak sangat berbeda dengan tindakan bedah lainnya, karena tujuan utama yang ingin dicapai baik oleh dokter maupun penderita adalah visus pasca operasi yang optimal. Saat ini teknik bedah katarak dan pemasangan lensa intra okuler dengan teknologi mesin fakoemulsifikasi memungkinkan hasil yang sangat akurat.<sup>1</sup> Fakoemulsifikasi adalah teknik operasi ekstrakapsuler menggunakan sistem ultrasonik untuk memecah dan mengaspirasi lensa melalui insisi kecil.<sup>3,4</sup> Teknik ini berbeda dari teknik *extracapsular cataract extraction* (ECCE) konvensional dalam hal luas insisi dan teknik pengeluaran lensa. Keuntungan dari teknik ini yaitu dapat menghasilkan penyembuhan dan perbaikan visus yang lebih cepat.<sup>3</sup> Penggunaan fakoemulsifikasi untuk operasi katarak diperkenalkan pertama kali oleh Dr. Charles D. Kelman pada tahun

1967.<sup>1,3,4</sup> Pada dekade terakhir ini, operasi katarak dengan teknik fakoemulsifikasi berkembang pesat khususnya di negara maju dan telah mencapai taraf bedah katarak refraktif dengan kriteria rehabilitasi visus yang cepat, induksi astigmat akibat operasi yang minimal, komplikasi dan inflamasi pasca bedah yang minimal, dan mampu untuk melakukan koreksi refraktif pra bedah. Fakoemulsifikasi telah meningkatkan kualitas bedah katarak dan digunakan secara luas.<sup>1,4</sup>

Klasifikasi dan densitas katarak (nukleus) perlu diketahui sebelum dilakukan fakoemulsifikasi. Densitas katarak dapat diperkirakan berdasarkan gambaran klinis. Hal ini sangat penting pada fakoemulsifikasi, karena katarak dengan nukleus yang terlalu keras atau terlalu lunak lebih sulit dilakukan fakoemulsifikasi daripada densitas nukleus sedang.<sup>1,3</sup> Klasifikasi sederhana untuk memperkirakan densitas nukleus yaitu berdasarkan klasifikasi Buratto dkk. Buratto membagi densitas nukleus menjadi 5 jenis, dimana derajat 1 adalah yang paling lunak, derajat 2 dengan kekerasan ringan, derajat 3 mempunyai nukleus dengan kekerasan sedang, derajat 4 adalah nukleus yang keras sedangkan derajat 5 adalah katarak dengan nukleus yang sangat keras.<sup>4</sup>

Densitas katarak semakin bertambah seiring dengan bertambahnya usia. Katarak dengan warna yang sama, pada penderita usia 60 tahun lebih lunak dibandingkan pada usia 80 tahun. Semakin lama katarak itu dibentuk maka nukleusnya akan semakin keras dan besar.<sup>4</sup> Penelitian oleh Heyworth dan Thompson menunjukkan bahwa variasi dari densitas nukleus berhubungan dengan usia dan derajat sklerosis nukleus.<sup>5</sup>

*Phaco-parameter* terdiri dari *effective phaco time, power, vacuum, dan flow rate*.<sup>3</sup> *Effective phaco time* (EPT) adalah lamanya waktu fakoemulsifikasi dengan *power* yang digunakan sebesar 100% secara terus menerus.<sup>6,7,8,9</sup> Lamanya EPT tergantung pada

densitas katarak.<sup>10</sup> EPT ini mempunyai arti penting, dimana EPT yang singkat menunjukkan kurangnya energi yang masuk ke mata sehingga mengurangi efek samping *power* fakoemulsifikasi.<sup>8</sup> Penggunaan waktu fakoemulsifikasi yang lama dan *power* fakoemulsifikasi yang besar akan merusak sel-sel endotel kornea.<sup>6</sup> Nukleus dengan densitas keras membutuhkan energi yang banyak sehingga menyebabkan kerusakan endotel yang banyak. Kerusakan endotel ini akibat energi kavitasi yang ditimbulkan saat tip fako bergetar dengan frekuensi ultrasonik. Jumlah endotel yang kurang akan menyebabkan edema kornea yang permanen.<sup>1</sup> Pengurangan energi fakoemulsifikasi akan menghasilkan visus optimal, dimana hal ini merupakan tujuan dari teknologi fakoemulsifikasi.<sup>11</sup>

Penelitian oleh Ermiss, Ozturk, dan Inan pada katarak yang matur menggunakan teknik *divide and conquer*, ditemukan rata-rata EPT sebesar 44.3 (SD 23.6) detik dan didapatkan edema kornea pada hari pertama pasca operasi pada 20.7% penderita.<sup>12</sup> Penelitian oleh Dholakia dan Vasavada, didapatkan EPT  $121.2 \pm 19.8$  detik pada katarak brunescens dengan menggunakan teknik *chop*, sedangkan pada katarak derajat 1 sampai 3, dengan teknik yang sama didapatkan EPT  $36 \pm 19$  detik.<sup>10</sup> Penelitian Chitra Sambare dan Seedeви Pieris menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam hal *power* dan waktu fakoemulsifikasi antara derajat 3 dengan derajat 1 dan 2.<sup>13</sup> Gerd U. Auffarth, menemukan tidak ada korelasi antara densitas nukleus dengan *power* pada penelitiannya, tetapi mempunyai korelasi dengan EPT.<sup>14</sup> Ermiss, Ozturk, dan Inan pada penelitiannya menyimpulkan bahwa kesulitan-kesulitan intraoperatif dan visus pasca operasi pada katarak matur dengan katarak tipe lainnya mempunyai hasil yang sama.<sup>12</sup>

Bedoza mendapatkan rata-rata total waktu fakoemulsifikasi (U/S time) lebih singkat pada derajat 1 dan 2 dibandingkan derajat 3 dan 4. Chakrabarti dkk melaporkan rata-rata U/S time 3.05 menit pada katarak hiper matur. Penelitian lain dilaporkan rata-rata U/S time 4 menit pada derajat 3 sedangkan derajat 4 dan 5 rata-rata 5.5 menit.<sup>15</sup>

Telah dilaporkan penelitian mengenai lamanya *effective phaco time*, *power* dan keamanan fakoemulsifikasi pada katarak berdasarkan densitas nukleus serta hubungannya dengan hilangnya sel endotel. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian mengenai hubungan antara densitas nukleus dengan EPT dan *phaco time* di Makassar.

## **B. Rumusan masalah**

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, menjadi dasar bagi penelitian ini untuk merumuskan pertanyaan :

1. Bagaimana hubungan densitas nukleus terhadap *effective phaco time* ?
2. Bagaimana hubungan densitas nukleus terhadap *phaco time* ?

## **C. Tujuan penelitian**

### **a. Tujuan umum :**

Menilai hubungan densitas nukleus terhadap *phaco time*

### **b. Tujuan khusus :**

1. Untuk mengetahui lamanya *effective phaco time* pada tingkat densitas nukleus yang berbeda.

2. Untuk mengetahui besarnya *phaco time* pada tingkat densitas nukleus yang berbeda.

#### **D. Hipotesis**

Semakin tinggi densitas nukleus, *effective phaco time* semakin lama dan semakin besar pula *phaco timenya*

#### **E. Manfaat penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menambah pengetahuan mengenai hubungan densitas nukleus terhadap waktu fakoemulsifikasi sehingga para ahli mata dapat lebih memperhatikan derajat kerasnya katarak sebelum melakukan operasi. Selain itu diharapkan juga penelitian ini dapat membantu menambah referensi untuk penelitian serupa dimasa yang akan datang.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan umum mengenai katarak

Katarak adalah setiap kekeruhan pada lensa. Katarak yang disebabkan karena faktor usia ( katarak senil ) merupakan penyebab utama gangguan penglihatan pada manusia. Patogenesisnya bersifat multifaktorial dan tidak diketahui secara jelas.<sup>3</sup> Katarak ini muncul pada akhir dewasa muda dan menyebabkan penurunan penglihatan yang progresif.<sup>16</sup>

Ada beberapa cara dalam klasifikasi katarak, berdasarkan kekeruhan lensa dibagi dalam stadium immatur, matur, dan hiper matur. Penggolongan lainnya adalah minimal, moderate, dan advanced. Klasifikasi lain menggunakan lokasi anatomi dari kekeruhan lensa yaitu kortikal, nuklear, dan subkapsul posterior.<sup>16</sup> Klasifikasi katarak yang paling luas penggunaannya adalah Lens Opacities Classification Sistem (LOCS) III yang dikemukakan oleh Chylack pada tahun 1993. Klasifikasi ini melihat gambaran nukleus yang disebut *nuclear opalescence (NO)*, *nuclear color (NC)*, *cortical cataract (C)*, serta *posterior subcapsular cataract (P)* pada penderita dan membandingkannya dengan foto yang dipublikasikan oleh Chylack dkk.<sup>17</sup> Pembagian katarak menurut LOCS III ini sangat baik akan tetapi kurang praktis untuk penggunaan klinis sehari-hari dan penggunaan untuk operasi dengan fakoemulsifikasi. Klasifikasi katarak yang lebih sederhana untuk memperkirakan densitas nukleus yaitu klasifikasi Buratto dkk.<sup>1</sup>

Grade	U/S time	Color	Type of cataract	Red reflex
1	Minimal	Transparent or pale gray	Cortical or recent subcapsular	High
2	Redecuced	Gray or gray yellows	Subcapsular posterior	Marked
3	Moderate	Yellow or yellow gray	Nuclear, cortico-nuclear	Good
4	Long	Yellow-amber or amber	Cortico-nuclear, dense	Poor
5	Very long	Dark brown or black	Totally dense	Absent

Tabel 1. Klasifikasi Buratto<sup>4</sup>



Gambar 1. Brunescens cataract<sup>18</sup>

## B. Perkembangan teknik bedah katarak

Teknik bedah katarak diawali dengan teknik *couching* oleh seorang ahli dari India pada tahun 800 sebelum Masehi. Komplikasi yang ditimbulkan oleh teknik ini sangat tinggi. Pengembangan teknik bedah katarak berikutnya yaitu dengan cara ekstraksi ekstrakapsuler. Diawali oleh Jacques Daviel (1696-1762) dari Perancis yang mengeluarkan lensa melalui pupil dan keluar dari mata melalui insisi limbal.<sup>19</sup> Teknik ini mempunyai kelemahan yaitu korteks tidak dikeluarkan secara keseluruhan, inflamasi kronik dan terjadinya blok pupil. Albrecht von Graefe (1828-1870), seorang ahli mata Jerman mengembangkan teknik ini, dengan menggunakan pisau yang membuat luka insisi menjadi lebih baik. Perkembangan teknik bedah katarak selanjutnya yaitu pada tahun 1753 dilakukan suatu teknik ekstraksi intrakapsuler di London oleh Samuel Sharp.

Teknik ini memberikan hasil yang baik pada waktu itu. Teknik ini kemudian mengalami pergeseran oleh adanya metode ekstrakapsuler modern yaitu dengan meninggalkan kapsul posterior.<sup>3</sup>

### **C. Fakoemulsifikasi**

Fakoemulsifikasi merupakan salah satu teknik bedah yang baik dan banyak dilakukan oleh ahli mata. Beberapa keuntungan yang didapatkan dibandingkan teknik konvensional adalah :<sup>2</sup>

1. Insisi yang kecil : waktu penyembuhan lebih singkat, astigmat pasca operasi dapat dikurangi, dan tidak ada jahitan
2. Aspirasi korteks dapat lebih baik ( aspirasi pada bilik mata yang tertutup )
3. Implantasi IOL lebih mudah dan pada posisi yang benar (pada bilik mata belakang).
4. Perbaikan visus lebih cepat

#### **a. Fakodinamika dan *instrument setting***

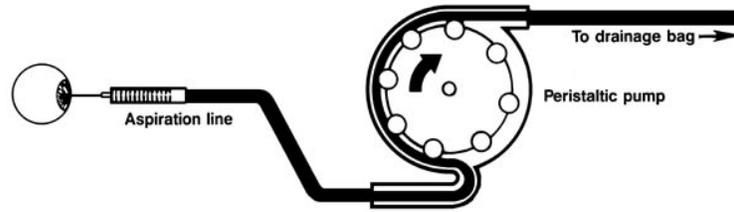
Fakodinamik adalah suatu keadaan yang mempelajari aliran cairan yang masuk ke dalam mata, dinamika saat cairan berada di dalam mata serta saat cairan keluar dari mata melalui mesin fakoemulsifikasi.<sup>1</sup> Cara kerja sistem fakoemulsifikasi untuk menghancurkan lensa adalah melalui *ultrasonic probe* yang mempunyai tip yang mampu bergetar dengan frekuensi yang sangat tinggi yaitu setara dengan gelombang ultrasound, antara 28,000 s/d 60,000 hertz. Massa lensa yang sudah dihancurkan akan diaspirasi melalui rongga yang ada pada tip untuk kemudian dikeluarkan dari dalam mata melalui selang aspirasi pada mesin fakoemulsifikasi.<sup>3</sup> Potensi yang dimiliki mesin

fakoemulsifikasi untuk menghancurkan massa lensa sangat besar, mampu menghasilkan tenaga getaran 20m/detik dengan kecepatan aliran 0,65 m/detik. Kekuatan yang besar ini hanya bermanfaat apabila menguasai cara kerja mesin agar dapat digunakan pada saat yang tepat pada tahap-tahap teknik operasi.<sup>1,3</sup> Operasi pertama yang dilakukan oleh Charles D. Kelman membutuhkan waktu hampir 6 jam dengan *phaco time* mencapai 1 jam. Dalam dekade terakhir ini, operasi katarak dengan teknik fakoemulsifikasi berkembang pesat khususnya di negara maju.<sup>1</sup>

## **b. Mekanisme pompa mesin fakoemulsifikasi**

### 1. Sistem peristaltik

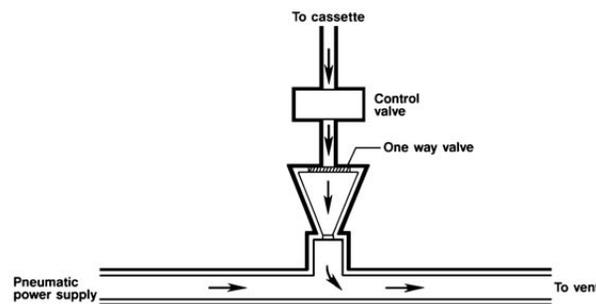
Aliran cairan pada sistem peristaltik berdasarkan prinsip peristaltik pada selang akibat gencetan oleh sejumlah roda pada mesin fako. Pada sistem ini, pengaturan dari aliran cairan, kekuatan vakum, serta kekuatan energi U/S yang digunakan dapat diatur secara terpisah. Parameter yang dapat diatur antara lain irigasi, flow rate, kekuatan vakum dan kekuatan energi fakoemulsifikasi (*phaco power/ U/S power*) Keuntungan yang diperoleh dari mesin dengan sistem ini adalah kemampuan mengatur flow rate dan vakum secara terpisah. Keadaan ini tidak bisa dilakukan pada mesin dengan sistem venturi. Pengaturan secara terpisah tersebut meningkatkan faktor keamanan bagi ahli bedah, karena *rise time* ( waktu yang diperlukan mulai saat lubang fako tip tersumbat oleh massa lensa sampai dengan tercapainya vakum maksimum ) yang terjadi lebih lambat dibanding sistem venturi.<sup>1,4,8</sup>



Gambar 2. Sistem peristaltik<sup>3</sup>

## 2. Sistem Venturi

Pada sistem venturi, cairan dari bilik mata depan akan tersedot masuk ke dalam kaset pada mesin fakoemulsifikasi, karena tekanan dalam kaset lebih rendah dari bilik mata depan.<sup>4</sup> Istilah fakodinamik pada sistem venturi ini adalah flow, aspirasi, dan vakum. Perbedaan sistem venturi dengan peristaltik adalah dalam hal aspirasi dimana pada sistem venturi aspirasi tidak bisa diatur kekuatannya melalui mesin karena tidak terdapat tombol untuk *pre-set aspiration flow rate*.<sup>1</sup>

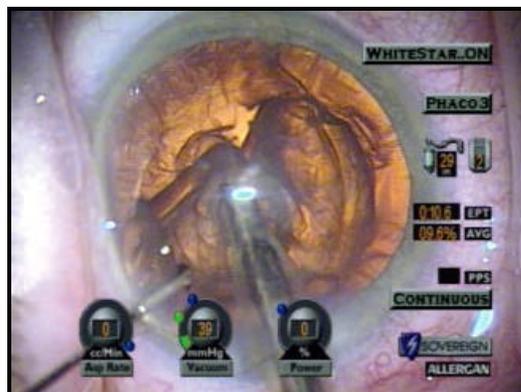


Gambar 3. Sistem venturi<sup>3</sup>

Semua phaco-parameter ( EPT, power, flow rate, dan vacuum ) dapat dilihat pada masing-masing tahapan fakoemulsifikasi. Pengaturan instrumen yang optimal tergantung pada kemampuan yang dimiliki oleh operator.<sup>3</sup>

Hardness of cataract	Vacuum setting (maximum)	Aspiration flow rate	Maximum power
Sculpting nukleus before nuclear fracturing All types of cataract	40-60 mmHg	20 cc/min	50%
Grasping emulsifying devided nuclear fragments			
1+	70 mmHg	25 cc/min	70%
2+	110 mmHg	25 cc/min	70%
3+	150 mmHg	25 cc/min	70%
4+	200 mmHg	25 cc/min	70%

Tabel 2. Perkiraan pengaturan instrumen untuk tahap dasar fakoemulsifikasi<sup>3</sup>



Gambar 4. Phaco-parameter<sup>20</sup>

### c. Phaco power

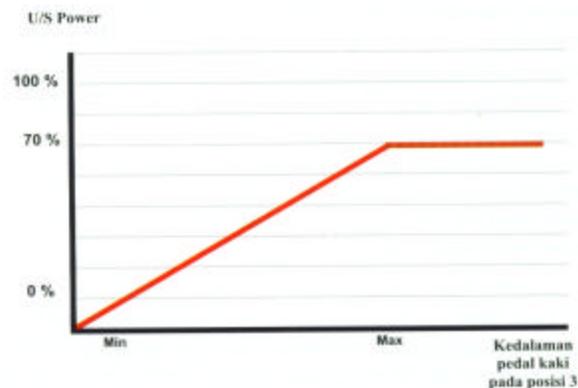
Pemakaian *power* yang aman dapat dilakukan preoperatif tergantung pada variasi densitas nukleusnya. Umumnya antara 50-70%. Pada keadaan lensa yang lunak power fako sekitar 30% dan jika keras meningkat sampai 80 atau 90%.<sup>8</sup> Mesin fakoemulsifikasi mempunyai beberapa fasilitas pengaturan energi ultrasound yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan situasi dan kondisi dari kasus yang dihadapi serta teknik yang digunakan.

#### d. Modulasi energi

Jenis modulasi energi Ultrasound (U/S) yang paling sering digunakan adalah linear / continuous mode, yang dikendalikan berdasarkan injakan pada pedal kaki, yaitu ketika pedal kaki pada posisi 3.<sup>1</sup> Selain itu didapatkan pula modulasi pulse mode dan burst mode.

##### 1. Linear / Continuous mode

Semua jenis mesin fakoemulsifikasi sejak awal perkembangannya hanya mempunyai satu jenis modulasi US power, yaitu linear atau continuous mode. Pada modulasi ini, ahli bedah bisa menentukan (pre-set) maksimum power yang dibutuhkan pada panel mesin fakoemulsifikasi, yaitu mulai dari 10% sampai 100%. Linear mode dapat digunakan pada saat melakukan *sculpting* nukleus, seperti pada teknik divide & conquer atau teknik stop & chop.<sup>1</sup>

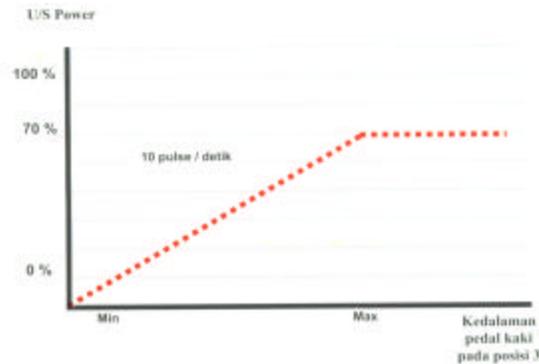


Gambar 5. Grafik peningkatan U/S power pada linear mode<sup>1</sup>

##### 2. Pulse mode

Pulse mode adalah modulasi energi dimana sepanjang pedal pada posisi 3, maka energi yang keluar tidak secara terus menerus, tetapi sepotong-sepotong yang disebut

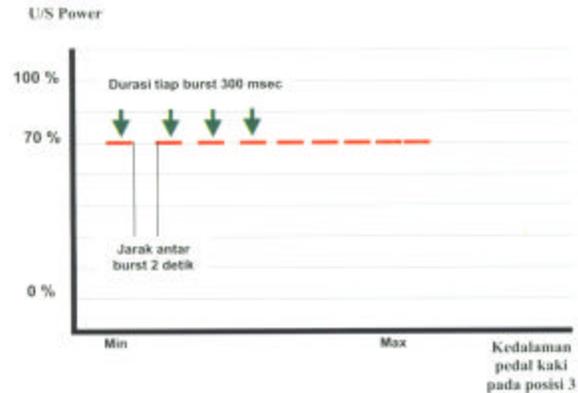
sebagai pulsa. Banyaknya pulsa perdetik ini dapat diatur melalui panel kontrol, dimana ditetapkan sebesar 10 pulsa energi perdetik ( setting dari pabrik ).<sup>1</sup> Pemakaian pulse mode adalah pada keadaan dimana lensa suda terpecah, kemudian framen lensa tersebut berada di bilik mata depan.<sup>6</sup>



Gambar 6. Grafik peningkatan U/S power pada pulse mode<sup>1</sup>

### 3. Burst mode

Pada burst mode, meskipun pedal kaki pada saat mencapai posisi 3, U/S power akan dialirkan secara maksimal bergantung setting yang dibuat pada panel kontrol. Mesin yang lebih mutakhir mempunyai kemampuan power burst, yang hampir sama dengan fungsi power pulse, yaitu dengan semakin dalam menginjak pedal kaki maka interval antara tiap burst energi akan semakin pendek sehingga pada posisi pedal kaki maksimum akan menghasilkan U/S energi yang kontinu. Penggunaan burst mode ini sangat efisien pada teknik fakoemulsifikasi yang mengandalkan chop.<sup>1</sup>



Gambar 7. Grafik peningkatan U/S power pada burst mode<sup>1</sup>

#### 4. Teknologi WhiteStar

Teknologi WhiteStar ini menggabungkan *burst mode* dan *pulse mode*.<sup>1</sup> Mempunyai pengaturan waktu yang sangat singkat, menghantarkan energi dan diselingi oleh periode pendinginan, sehingga dapat menghemat jumlah energi yang dikeluarkan.<sup>1</sup>

#### e. Phaco time

##### 1. *Effective phaco time* (EPT)

EPT menunjukkan berapa lama energi fako masuk ke mata jika digunakan phaco power sebesar 100%. EPT ini dapat lebih rendah daripada total *foot-pedal time*. EPT ini sangat signifikan, kurangnya EPT menunjukkan kurangnya energi yang dialirkan pada mata.<sup>8</sup>

##### 2. *U/S time ( phaco time ) :*

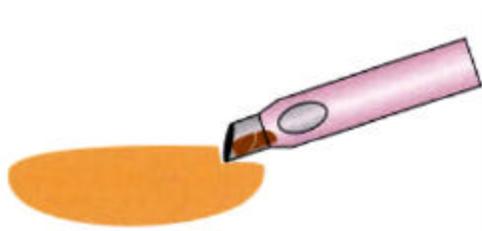
U/S time adalah lamanya total waktu dalam menggunakan energi ultrasound (*U/S power*) yang mengalir ke dalam mata.<sup>15</sup> Penggunaan waktu ultrasound yang panjang berakibat pada rusaknya sel-sel endotel kornea.<sup>6</sup>

## f. Teknik fakoemulsifikasi

Satu hal yang menentukan keberhasilan fakoemulsifikasi adalah memilih teknik yang sesuai.<sup>1</sup> Penguasaan teknik fakoemulsifikasi ini sangat penting karena pemakaian teknik ini bergantung pada densitas nukleus (derajat katarak).<sup>1,4</sup> Saat ini telah tercatat 4 generasi teknik fakoemulsifikasi :

### 1. Generasi I (1968-1978)

Fakoemulsifikasi nukleus di bilik mata depan dengan kapsulotomi menggunakan teknik *can opener*. Energi ultrasound yang dihasilkan berasal dari kumparan medan magnet, sehingga ukuran handpiece fakoemulsifikasi cukup besar dan berat. Pada masa ini, fakoemulsifikasi tidak berkembang karena banyak menemui banyak komplikasi. Kumparan medan magnet sebagai sumber gelombang ultrasound menghasilkan panas yang berlebihan pada ujung tip fakoemulsifikasi, bahkan panasnya sampai terasa pada gagang handpiece. Teknik fakoemulsifikasi yang digunakan adalah serutan (*sculpting*) pada nukleus dan hanya pada densitas nukleus yang lunak.<sup>1,3</sup>



Gambar 15 . Sculpting<sup>2</sup>

### 2. Generasi II (1978-1986)

Pada dekade kedua, terjadi perubahan teknik fakoemulsifikasi yang ditandai dengan fakoemulsifikasi di posterior pada kantung lensa.<sup>1,11</sup> *Handpiece* fakoemulsifikasi yang dipakai menggunakan kristal *piezzo electric*, menghasilkan

getaran dengan frekuensi sangat tinggi sehingga menjadi sumber energi ultrasound. Teknik fakoemulsifikasi yang berkembang adalah cara *sculpting* menggunakan satu tangan atau dua tangan. Dengan teknik dua tangan, satu tangan yang dominan memegang handpiece fakoemulsifikasi, sedangkan tangan lainnya memegang alat untuk memanipulasi nukleus. Teknik ini hanya efektif untuk nukleus yang lunak.<sup>1,3</sup>

### 3. Generasi III (1986-1996)

Setelah memperkenalkan kapsulotomi dengan cara kapsuloreksis, Gimbel memperkenalkan teknik fakoemulsifikasi interkapsular (*in-situ phacoemulsification*) dengan cara memecah nukleus (*nucleofractis*) menjadi beberapa bagian. Gimbel menyebut teknik ini *divide and conquer*, Teknik ini membuat 2 alur yang dalam serta saling menyilang dan tegak lurus dengan teknik *sculpting*. Nukleus dibagi menjadi bagian yang selanjutnya dilakukan fakoemulsifikasi. Pada teknik ini emulsifikasi fragmen lensa agak sulit sebab tidak ada ruangan yang cukup. Teknik ini berkembang menjadi teknik *phaco chop* oleh Nagahara dan *stop and chop* oleh Paul Koch.<sup>1,2,3</sup>

### 4. Generasi IV

Generasi ini adalah teknik *supracapsular* yang diperkenalkan oleh Maloney, dimana nukleus dikeluarkan dari kantung lensa agar saat fakoemulsifikasi tidak mengancam integritas kapsul posterior. Nukleofraksis tetap dilakukan di bilik mata belakang.<sup>1</sup>

## **g. Teknik nukleofraksis**

Teknik nukleofraksis adalah teknik melakukan fakoemulsifikasi dimana nukleus terlebih dahulu telah dibagi menjadi beberapa bagian. Dengan memecah nukleus menjadi bagian yang lebih kecil, maka dapat dengan mudah melakukan emulsifikasi tanpa harus menggunakan energi U/S yang tinggi. Dengan demikian waktu fako dapat dipersingkat.<sup>1,3</sup> Teknik ini dapat dikerjakan aman dan efektif untuk nukleus dengan densitas sedang sampai dengan yang keras.<sup>3,4</sup>

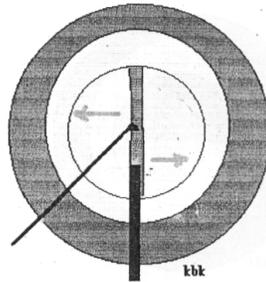
### *1. Divide and conquer*

Dikemukakan pertama kali oleh Gimbel. Pada teknik ini nukleus dibelah dalam kantung lensa kemudian dilakukan emulsifikasi pada setiap framen lensa tersebut. Teknik manipulasi di dalam kantung lensa ini disebut sebagai intracapsular atau lebih dikenal dengan istilah endocapsular phacoemulsification.<sup>3,4</sup> Selama bertahun-tahun teknik ini sangat diminati, karena mudah dilakukan. Tetapi teknik ini mempunyai kelemahan karena boros energi saat mengemulsi lensa sehingga dapat merusak endotel kornea.<sup>1</sup>

### *2. Phaco chop*

Kunihiro Nagahara mengemukakan teknik modifikasi nukleofraksis yang disebut teknik phaco chop pada pertemuan ilmiah ASCRS (American Society of Cataract & Refractive Surgery) tahun 1993.<sup>1,21</sup> Nukleus dipecahkan dengan second instrument dengan chopper. Chopper digunakan setelah nukleus dipegang dengan tip fako. Teknik ini memerlukan setting vakum yang tinggi, yaitu dengan membenamkan tip fakoemulsifikasi ke dalam nukleus (*engaged*). Second instrument berupa chopper

kemudian disisipkan menuju bagian ekuator lensa melalui bagian lensa yang tepat di bawah kapsuloreksis, lalu nukleus dibelah dengan cara menarik chopper ke arah tip fakoemulsifikasi. Beberapa keuntungan teknik ini yaitu mempersingkat waktu fako, dapat digunakan pada semua jenis densitas nukleus.<sup>1,3,4</sup>



Gambar 3. Phaco chop<sup>8</sup>

### 3. *Quick Chop ( Vertical Phaco Chop )*

Teknik ini dikemukakan oleh Vladimir Pfeiffer, dimana teknik ini merupakan modifikasi dari *phaco chop* dari Nagahara. *Chopping* nukleus berbeda dengan teknik Nagahara, karena tidak dilakukan dengan gerakan horizontal tetapi dengan gerakan vertikal. Pada teknik ini ujung *chopper* ditancapkan pada nukleus tepat di atas ujung tip fako yang telah dibenamkan ( *impale* ) di tengah-tengah lensa. Keunggulan dari teknik ini adalah dapat digunakan pada pupil yang tidak maksimal, karena semua alat berada di bagian tengah lensa.<sup>1,22</sup>

### 4. *Stop & Chop*

Teknik *stop & chop* berkembang karena berbagai kesulitan yang dialami dalam menerapkan teknik *phaco chop*. Teknik ini merupakan gabungan dari teknik *divide and conquer* dari Gimbel dan *phaco chop* dari Nagahara.<sup>1</sup> Teknik *stop & chop* dikemukakan

oleh Paul Koch pada tahun 1993.<sup>22</sup> Dasar dari teknik ini adalah pertama kali membuat alur kemudian setelah terbentuk celah yang dalam di bagian tengah lensa, lensa dibagi menjadi 2 bagian kemudian “stop”, dilanjutkan *chop* dengan memutar nukleus 45° searah jarum jam untuk membelah lensa menjadi bagian yang lebih kecil.<sup>2,21</sup> Bagian-bagian nukleus akan masuk ke dalam tip dan diemulsi.<sup>23</sup>

#### **h. Teknik fakoemulsifikasi dalam hal luasnya insisi dan sistem aliran cairan**

##### 1. Teknik fakoemulsifikasi konvensional ( Conventional / Coaxial Phacoemulsification )

Pada teknik konvensional, insisi yang umum digunakan adalah beveled, biplanar, self-sealing incision yang dikenalkan oleh Shimuzu dan Fine. Lebar insisi sekitar 3 mm (ukuran rata-rata besarnya tip fakoemulsifikasi).<sup>3</sup> Jarum untuk tip fakoemulsifikasi mempunyai diameter tertentu (sekitar 1 mm) dan mempunyai rongga. Massa lensa yang sudah dihancurkan akan diaspirasi melalui rongga pada tip tersebut untuk kemudian dikeluarkan dari dalam mata melalui selang aspirasi pada mesin fakoemulsifikasi.<sup>1</sup> Untuk mempertahankan kedalaman bilik mata depan dan mendinginkan probe diperlukan irigasi yang stabil, dimana irigasi ini melalui *irrigation sleeve* pada *ultrasound tip*.<sup>3</sup>

Pada *coaxial phaco* aliran irigasi sangat dekat dengan aspirasi sehingga fragmen nukleus didorong dari tip ini. Pada teknik ini, banyak cairan irigasi justru dihisap kembali oleh tip fako sehingga kerjanya tidak efektif.<sup>24</sup>

##### 2. *Micro-incision cataract surgery (MICS)/ Bimanual microincision*

*Micro-incision cataract surgery* (MICS) mengurangi insisi dari 2.75 – 3 mm yang biasa digunakan pada teknik fakoemulsifikasi konvensional menjadi kurang dari 2 mm (0.7 mm; 1.2 mm; 1.4 mm; 1,5 ; 1.7 mm ). Pada teknik ini sistem irigasi dan aspirasinya terpisah menggunakan teknik bimanual.<sup>25,26</sup>

*Bimanual microincision* dan *coaxial phaco* memiliki persamaan dan perbedaan, oleh karena itu transisi dari kedua teknik ini tidak terlalu sulit. Pada *bimanual microincision* digunakan kanula atau *chopper* irigasi (*irrigating chopper*).<sup>25</sup> Terpisahnya aspirasi dan irigasi pada *bimanual microincision* memberikan peningkatan yang baik terhadap *followability*, yaitu kemampuan aliran cairan untuk membawa materi lensa mendekati tip fakoemulsifikasi.<sup>26</sup>

### 3. *Micro Coaxial Cataract Procedure (Coaxial microphaco/Ultra-small incision)*

*Coaxial microphaco* dengan implantasi IOL melalui insisi 2.2 mm menjadi perubahan baru dalam tindakan bedah katarak. Dibandingkan dengan teknik konvensional, pada *coaxial microphaco* ini astigmat yang timbul sesudah operasi secara signifikan lebih kecil. Insisi untuk *second instrument (side port)* dibuat sebesar 0.6 mm. Tanpa mengubah prosedur fakoemulsifikasi yang ada sebelumnya, *micro coaxial phaco* ini dapat dilakukan dengan mudah.<sup>27</sup>

#### **i. Komplikasi**

Berbagai komplikasi pasca operasi dapat timbul setelah dilakukan fakoemulsifikasi. Luka insisi yang tidak menutup dengan baik merupakan komplikasi yang paling ringan, tetapi dapat menjadi sumber resiko untuk komplikasi yang lebih berat. Komplikasi lain adalah edema kornea yang merupakan komplikasi yang paling sering terjadi dan umumnya bersifat reversible kecuali pada keadaan yang berat. Toxic anterior segment syndrome (TASS) merupakan komplikasi berupa edema kornea yang difus disertai pupil yang dilatasi, serta disertai dengan peningkatan intraokuler setelah operasi.<sup>1</sup>