

ANALISIS KECEPATAN ALIRAN HIDROGEN PEROKSIDA (H₂O₂) PADA STERILISASI SALURAN AKAR GIGI MENGGUNAKAN METODE NUMERIK VOLUME HINGGA

Siska Aprilia Hardiyanti⁴, Dafik⁵, Arif Fatahillah⁶

***Abstract.** The sterilization of tooth root canal is one of phases at treatment of endodontic or pulp treatment or commonly called tooth root canal treatment. This treatment is necessary because over the years many doctors assumed cavities tooth that cause pain and can not cure, should be pulled out. Endodontic treatment is the appropriate treatment for patient. Endodontic treatment is one of the measures to maintain the tooth in the mouth as long as possible when the pulp tissue has been infected. This research construct a model of tooth root canal and solve sterilization problem by using the finite volume method. Model of simulation process is solved using MATLAB and FLUENT software. The model which is constructed based on direction syringe spray and impeller pressure. Based on the result of the research, if angle of syringe spray is getting greater then the velocity is getting lower, if the angle of syringe spray is getting smaller then the velocity is getting higher. If the value of impeller pressure is more than 6 Pa then velocity is higher, if the value of impeller pressure is less than 6 Pa then velocity is negative value, whereas if the value of impeller pressure is 6 Pa then velocity is moderate value and the change of domain length of tooth root canal is not to great, so the spreading of velocity is evenly.*

***Keywords :** Treatment of endodontically, Sterilization of Root Canals, Angle of Syringe Spray, Impeller Pressure, Finite Volume Method.*

PENDAHULUAN

Matematika memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Matematika juga sangat erat kaitannya pada bidang kesehatan. Adapun dalam hal ini yaitu mengenai sterilisasi saluran akar gigi. Sterilisasi saluran akar gigi merupakan salah satu tahapan pada perawatan endodonti atau perawatan pulpa gigi atau biasa disebut perawatan saluran akar gigi. Perawatan ini dikatakan sangat perlu karena selama bertahun-tahun banyak dokter yang beranggapan untuk gigi berlubang atau menimbulkan rasa sakit serta dianggap tidak mungkin dirawat maka gigi tersebut harus dicabut. Perawatan endodonti adalah suatu perawatan yang tepat untuk pasien. Menurut Nugrohowati dkk (2005:417) perawatan endodonti merupakan salah satu tindakan untuk mempertahankan gigi selama mungkin di dalam mulut bila jaringan pulpa telah terinfeksi.

Perawatan saluran akar dilakukan melalui beberapa tahap yaitu preparasi, sterilisasi, dan restorasi. Preparasi saluran akar merupakan tahap awal dengan membuat

⁴ Mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

⁵ Dosen Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

⁶ Dosen Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

ruang yang cukup untuk penempatan bahan pengisi atau bahan sterilisasi dan membuang kotoran organik atau bakteri seoptimal mungkin (Taufik Hidayatullah dkk, 2005:295). Tindakan sterilisasi saluran akar gigi bergantung pada anatomi sistem saluran akar, cara pengisian yang dipengaruhi oleh arah lubang jarum suntik, volume dan sifat cairan sterilisasi, ukuran dan kedalaman penyisipan jarum sterilisasi dan tekanan pendorong. Faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan sterilisasi adalah kecepatan aliran bahan sterilisasi. Sedangkan restorasi adalah tindakan menutup lubang gigi dengan bahan tambal (Wulandari, 2010:1).

Bahan sterilisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah hidrogen peroksida (H_2O_2) karena bahan ini merupakan salah satu bahan sterilisasi yang sering digunakan para dokter gigi, mudah didapat, dan dapat mengangkat kotoran dari hasil preparasi saluran akar. Selain itu, dalam penelitian ini model gigi yang digunakan adalah model gigi geraham karena gigi ini sering berlubang.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana model matematika sterilisasi saluran akar gigi dengan menggunakan metode volume hingga, bagaimana pengaruh arah aliran semprotan pada jarum suntik terhadap sterilisasi saluran akar gigi, bagaimana pengaruh tekanan pendorong terhadap sterilisasi saluran akar gigi, dan bagaimana efektivitas metode volume hingga dalam menganalisis masalah sterilisasi saluran akar gigi. Penelitian ini memberikan manfaat yaitu menambah pengetahuan peneliti dalam bidang pemodelan matematika, sebagai informasi baru bagi peneliti di bidang kesehatan, sebagai acuan untuk peneliti lain dalam meneliti sterilisasi saluran akar gigi lebih lanjut, dan dapat digunakan sebagai masukan untuk dokter gigi dan spesialis konservasi gigi dalam melakukan perawatan endodonti khususnya pada saat tahap sterilisasi.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan jenisnya, penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian studi kasus (Trisnani, D., 2014, [9]). Pada penelitian ini, peneliti memodelkan sterilisasi saluran akar gigi yang dipengaruhi oleh arah semprotan jarum suntik dan tekanan pendorong dengan bahan sterilisasi hidrogen peroksida (H_2O_2) sehingga didapat kecepatan sterilisasi yang mendekati keadaan sebenarnya berdasarkan data-data yang didapat.

Pada penelitian ini, penyelesaian numerik dan pemodelan *Computational Fluid Dynamics* dilakukan di laboratorium matematika gedung III FKIP Universitas Jember yang telah tersedia sarana dan prasarana yang mendukung yaitu dengan adanya komputer yang dilengkapi dengan program MATLAB 7 untuk penyelesaian numerik dan FLUENT untuk simulasi pemodelan.

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode dokumentasi dan wawancara. Peneliti memperoleh data dengan mempelajari buku, jurnal ilmiah, serta berbagai data yang diambil dari catatan dan data-data dari internet. Sedangkan wawancara dilakukan dengan salah satu mahasiswa kedokteran gigi Universitas Jember angkatan 2010 dan 2011.

Setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya adalah membuat model matematika sterilisasi saluran akar gigi, kemudian diselesaikan dengan metode volume hingga dan didiskritisasi dengan metode QUICK, hingga didapatkan matriks yang menyatakan persamaan dari setiap kontrol volume. Dari persamaan ini, kemudian peneliti akan menyelesaikan secara numerik dengan menggunakan MATLAB sehingga didapatkan penyelesaian numerik yang konvergen. Penyelesaian ini mendekati penyelesaian eksak dari persamaan diferensialnya. Apabila perhitungan MATLAB sudah mendekati nilai sebenarnya atau dengan kata lain terdapat *error* yang kecil antara perhitungan MATLAB dengan nilai sebenarnya, maka hasil yang didapat sudah benar. Selanjutnya dibuat model yang pada GAMBIT yaitu dua saluran akar terpisah mulai dari kamar pulpa sampai apeks (pangkal akar) tanpa ada cabang akar (akar tambahan). Kemudian model ini akan disimulasi pada FLUENT berdasarkan arah semprotan pada lubang jarum suntik dan tekanan pendorong secara 2 dimensi. Teknik diskritisasi yang dilakukan menggunakan teknik diskritisasi QUICK :

$$\phi_e(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i-1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j)$$

$$\phi_n(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i, j-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1)$$

$$\phi_s(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i, j-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j)$$

$$\phi_w(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i-2, j) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j)$$

(dalam Fatahillah, A. [3])

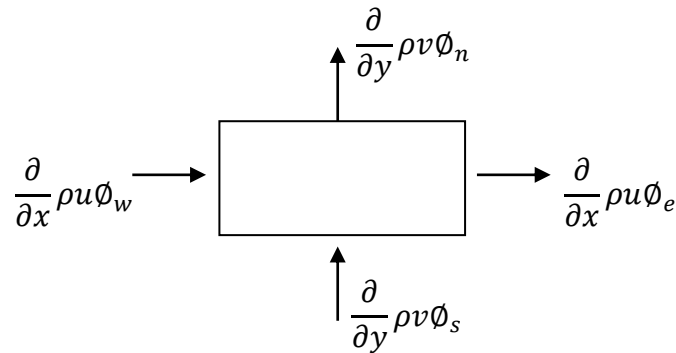
HASIL DAN PEMBAHASAN

Persamaan Matematika Fluida pada Sterilisasi Saluran Akar Gigi

Berdasarkan persamaan umum skalar transport dari konservasi momentum, maka dapat dituliskan:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\text{momentum}) + [\text{fluks momentum masuk} - \text{fluks momentum keluar}] = \text{force}$$

Pada kasus analisis sterilisasi saluran akar gigi terjadi perubahan momentum. Jika ditinjau dari sumbu x dan sumbu y maka akan bekerja momentum masuk dan momentum keluar sesuai dengan volume kendali dua dimensi yang dapat dimodelkan sesuai dengan gambar bagan volume kendali persamaan momentum berikut:



Gambar 1. Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum

Berdasarkan Persamaan umum skalar transport dari konservasi momentum dan Gambar 1 maka persamaan konservasi momentum sterilisasi saluran akar gigi akan ditunjukkan pada Persamaan 1

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \rho u \phi_w - \frac{\partial}{\partial x} \rho u \phi_e + \frac{\partial}{\partial y} \rho v \phi_s - \frac{\partial}{\partial x} \rho v \phi_n = F \tag{1}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada proses ini adalah:

1. Gaya *pressure* atau tekanan;
2. Gaya kekentalan zat (ρ);
3. Gaya gravitasi (g)
4. Gaya tegangan zat (τ)

Sehingga, persamaan gaya yang bekerja terhadap sterilisasi saluran akar gigi adalah:

$$F = -\nabla p + \rho \bar{g} + \nabla \cdot \tau_{ij} \tag{2}$$

Dimana:

$$\nabla p = \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial y}, \bar{g} = \frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y}, \nabla \cdot \tau_{ij} = \frac{\partial[\tau_{xx} + \tau_{xy}]}{\partial x} + \frac{\partial[\tau_{yx} + \tau_{yy}]}{\partial y} \tag{3}$$

Karena aliran fluida yang dimodelkan adalah dua dimensi yaitu searah sumbu x dan sumbu y, maka gaya tegangan zat menggunakan τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yx} , dan τ_{yy} . Nilai gaya tegangan zat dalam (White, 1998:228) adalah:

$$\tau_{xx} = 2\mu \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right), \quad \tau_{yy} = 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (4)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 3 ke Persamaan 2, maka didapat persamaan sebagai berikut:

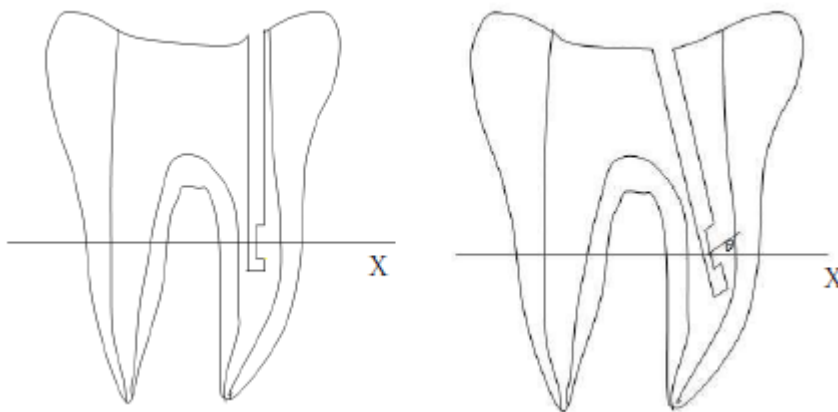
$$F = - \left(\frac{\partial p}{\partial x}, + \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) + \frac{\partial[\tau_{xx}+\tau_{xy}]}{\partial x} + \frac{\partial[\tau_{yx}+\tau_{yy}]}{\partial y} \quad (5)$$

Selanjutnya substitusikan kembali Persamaan 4 ke Persamaan 5 maka akan didapat:

$$F = - \left(\frac{\partial p}{\partial x}, + \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) + \frac{\partial[2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y})]}{\partial x} + \frac{\partial[\mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}]}{\partial y} \quad (6)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 1 ke Persamaan 6 maka didapat persamaan momentum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \rho u \phi_w - \frac{\partial}{\partial x} \rho u \phi_e + \frac{\partial}{\partial y} \rho v \phi_s - \frac{\partial}{\partial x} \rho v \phi_n = - \left(\frac{\partial p}{\partial x}, + \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \\ \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) + \frac{\partial[2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y})]}{\partial x} + \frac{\partial[\mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}]}{\partial y} \end{aligned} \quad (7)$$



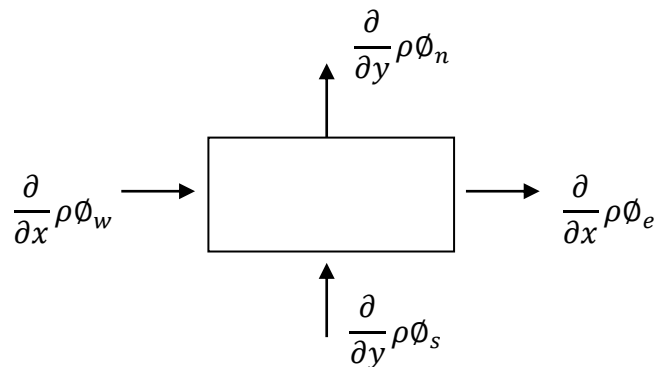
Gambar 2. Model Saluran Akar Gigi Saat $\theta = 0^\circ$ dan $\theta = 30^\circ$

Saluran akar gigi dapat dimodelkan dalam bentuk Gambar 2. Dimana dalam Gambar tersebut sudut diperoleh dari arah semprotan jarum suntik dengan garis horizontal atau sumbu x yaitu θ maka arah kecepatan aliran fluida pada sumbu X menjadi $u \cos \theta$ dan arah kecepatan aliran fluida pada sumbu Y menjadi $v \sin \theta$. Sehingga dari Persamaan 7 diperoleh persamaan momentum sterilisasi saluran akar gigi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_w u \cos \theta - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_e u \cos \theta + \frac{\partial}{\partial y} \rho \phi_s v \sin \theta - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_n v \sin \theta = \\ & - \left(\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) + \frac{\partial [2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y})]}{\partial x} + \frac{\partial [\mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}]}{\partial y} \end{aligned} \quad (8)$$

Persamaan sterilisasi saluran akar gigi tersusun dari persamaan momentum dan persamaan massa. Berdasarkan persamaan umum skalar transport dari konversi massa dan kontrol volume, maka:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\text{massa}) + [\text{fluks massa masuk} - \text{fluks masaa keluar}] = 0$$



Gambar 3. Bagan Volume Kendali Persamaan Massa

Jika Persamaan 9 dan persamaan 10 disubstitusikan ke persamaaan umum skalar transport dari konversi massa, maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_w - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_e + \frac{\partial}{\partial y} \rho \phi_s - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_n = 0 \quad (9)$$

Diskritisasi Model Matematika Sterilisasi Saluran Akar Gigi Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi QUICK

Langkah awal penyelesaian adalah mengintegalkan kedua persamaan dengan mengintegalkan terhadap x, y, dan t. Persamaan 8 dan Persamaan 9 akan diselesaikan menggunakan metode volume hingga dengan menggabungkan persamaan momentum dan persamaan kontinuitas massa. Maka pada Persamaan 8 yaitu persamaan momentum harus diintegalkan terhadap x, terhadap y, dan terhadap t:

$$\begin{aligned} & \int \int \int \frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_w u \cos \theta - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_e u \cos \theta + \frac{\partial}{\partial y} \rho \phi_s v \sin \theta \\ & - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_n v \sin \theta \, dx dy dt = \int \int \int - \left(\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) + \frac{\partial [2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \mu (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y})]}{\partial x} + \end{aligned}$$

$$\frac{\partial[\mu(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}) + 2\mu\frac{\partial v}{\partial y}]}{\partial y} dx dy dt \tag{10}$$

Batas-batas untuk integral pada persamaan momentum adalah,

Variabel	Batas Bawah	Batas Atas
X	x	x+Δx
Y	y	y+Δy
t	t	t+Δt

Sehingga didapat penyelesaian integral dari rumus persamaan momentum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho\phi_0\Delta x\Delta y = & -\rho\Delta y\Delta t u \cos \theta (\phi_w - \phi_e) - \rho\Delta y\Delta t v \sin \theta (\phi_s - \phi_n) \\ & -p\Delta y\Delta t - p\Delta x\Delta t + \rho g\Delta y\Delta t + \rho g\Delta x\Delta t + 2\mu\frac{u}{\Delta x}\Delta y\Delta t \\ & + \mu\frac{v}{\Delta x}\Delta y\Delta t + \mu u\Delta t + \mu v\Delta t + \mu\frac{u}{\Delta y}\Delta x\Delta t + 2\mu\frac{v}{\Delta y}\Delta x\Delta t \end{aligned} \tag{11}$$

Jadi Persamaan 11 disebut persamaan momentum pada fluida.

Untuk penyelesaian persamaan kontinuitas massa, cara yang digunakan sama dengan penyelesaian pada persamaan momentum. Persamaan 9 diintegalkan sebagai berikut:

$$\int \int \int \frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_w - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_e + \frac{\partial}{\partial y} \rho \phi_s - \frac{\partial}{\partial x} \rho \phi_n dx dy dt \tag{12}$$

Batas-batas untuk integral pada persamaan massa adalah,

Variabel	Batas Bawah	Batas Atas
X	x	x+Δx
Y	y	y+Δy
t	t	t+Δt

Sehingga didapat penyelesaian integral dari rumus persamaan kontinuitas massa sebagai berikut:

$$\rho\phi_0\Delta x\Delta y = \rho\Delta y\Delta t(\phi_w - \phi_e) + \rho\Delta x\Delta t(\phi_s - \phi_n) \tag{13}$$

Jadi Persamaan 13 merupakan persamaan kontinuitas massa pada fluida.

Untuk penyelesaian persamaan momentum dan persamaan kontinuitas massa maka Persamaan 11 disubstitusikan ke persamaan 13 Maka persamaannya menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\rho\Delta y\Delta t(\phi_w - \phi_e) + \rho\Delta x\Delta t(\phi_s - \phi_n) &= -\rho\Delta y\Delta t u \cos \theta (\phi_w - \phi_e) \\
-\rho\Delta y\Delta t v \sin \theta (\phi_s - \phi_n) - p\Delta y\Delta t - p\Delta x\Delta t + \rho g\Delta y\Delta t + \rho g\Delta x\Delta t + \\
2\mu \frac{u}{\Delta x} \Delta y\Delta t + \mu \frac{v}{\Delta x} \Delta y\Delta t + \mu u\Delta t + \mu v\Delta t + \mu \frac{u}{\Delta y} \Delta x\Delta t + 2\mu \frac{v}{\Delta y} \Delta x\Delta t & \quad (14)
\end{aligned}$$

Persamaan 14 kemudian dikelompokkan. Unsur-unsur yang mengandung variabel $\phi_e, \phi_w, \phi_s,$ dan ϕ_n berada di ruas kiri sedangkan yang tidak mengandung variabel $\phi_e, \phi_w, \phi_s,$ dan ϕ_n di ruas kanan. Maka Persamaan 14 menjadi:

$$\begin{aligned}
\phi_e(-\rho\Delta y\Delta t - \rho\Delta y\Delta t u \cos \theta) + \phi_w(\rho\Delta y\Delta t + \rho\Delta y\Delta t u \cos \theta) + \phi_s(\rho\Delta x\Delta t + \\
\rho\Delta x\Delta t v \sin \theta) + \phi_n(-\rho\Delta x\Delta t - \rho\Delta x\Delta t v \sin \theta) &= -p\Delta y\Delta t - p\Delta x\Delta t + \\
\rho g\Delta y\Delta t + \rho g\Delta x\Delta t + 2\mu \frac{u}{\Delta x} \Delta y\Delta t + \mu \frac{v}{\Delta x} \Delta y\Delta t + \mu u\Delta t + \mu v\Delta t + \mu \frac{u}{\Delta y} \Delta x\Delta t + \\
2\mu \frac{v}{\Delta y} \Delta x\Delta t & \quad (15)
\end{aligned}$$

Maka persamaan 15 disebut persamaan matematika sterilisasi saluran akar gigi.

Setelah mendapatkan persamaan 15 maka tahapan selanjutnya dalam metode volume hingga adalah diskritisasi QUICK.

Berikut ini nilai *input* dan *output* dari kontrol *face* pada diskritisasi QUICK.

$$\begin{aligned}
\phi_w(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i-2, j) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j) \\
\phi_e(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i-1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j) \\
\phi_s(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i, j-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j) \\
\phi_n(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i, j-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1) \quad (16)
\end{aligned}$$

Selanjutnya substitusikan nilai-nilai input dan output dari masing-masing kontrol *face* ke Persamaan 16, kemudian disederhanakan dengan mengumpulkan suku-suku yang sejenis, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\phi(i-1, j)\left(\frac{7}{8}\rho\Delta y\Delta t + \frac{7}{8}\rho\Delta y\Delta t u \cos \theta\right) + \phi(i, j)\left(-\frac{3}{8}\rho\Delta y\Delta t - \right. \\
\left.\frac{3}{8}\rho\Delta y\Delta t u \cos \theta\right) + \phi(i, j)\left(-\frac{3}{8}\rho\Delta x\Delta t - \frac{3}{8}\rho\Delta x\Delta t v \sin \theta\right) + \phi(i+ \\
1, j)\left(-\frac{3}{8}\rho\Delta y\Delta t - \frac{3}{8}\rho\Delta y\Delta t u \cos \theta\right) + \phi(i-2, j)\left(-\frac{1}{8}\rho\Delta y\Delta t - \right. \\
\left.\frac{1}{8}\rho\Delta y\Delta t u \cos \theta\right) + \phi(i, j-2)\left(-\frac{1}{8}\rho\Delta x\Delta t - \frac{1}{8}\rho\Delta x\Delta t v \sin \theta\right) + \phi(i, j- \\
1)\left(\frac{7}{8}\rho\Delta x\Delta t + \frac{7}{8}\rho\Delta x\Delta t v \sin \theta\right) + \phi(i, j+1)\left(-\frac{3}{8}\rho\Delta x\Delta t - \right. \\
\left.\frac{3}{8}\rho\Delta y\Delta t v \sin \theta\right) = -p\Delta y\Delta t - p\Delta x\Delta t + \rho g\Delta y\Delta t + \rho g\Delta x\Delta t +
\end{aligned}$$

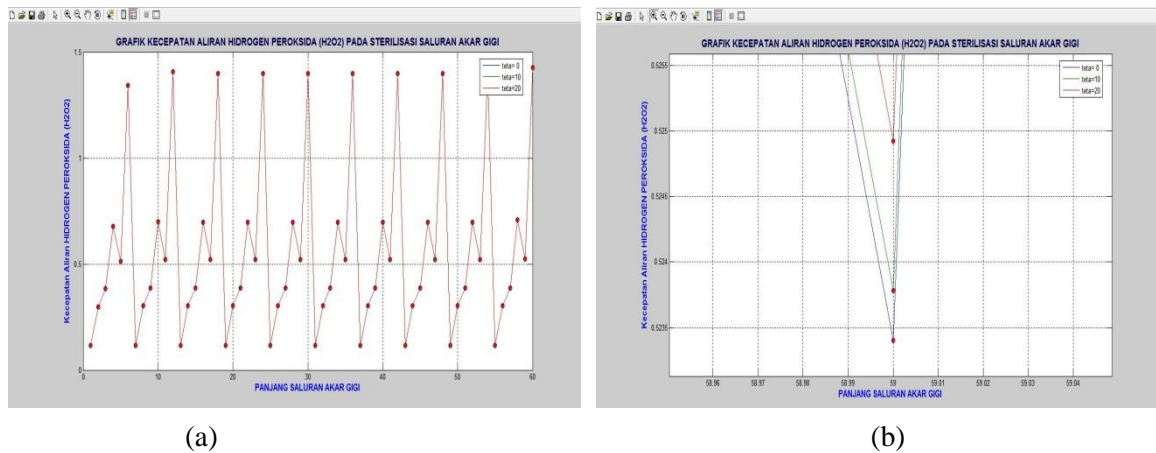
$$2\mu u/\Delta x \Delta y \Delta t + \mu v/\Delta x \Delta y \Delta t + \mu u \Delta t + \mu v \Delta t + \mu u/\Delta y \Delta x \Delta t + 2\mu v/\Delta y \Delta x \Delta t \tag{17}$$

Jadi persamaan 17 merupakan diskritisasi model matematika sterilisasi saluran akar gigi.

Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan *Error Relatif* dalam Proses Sterilisasi Saluran Akar Gigi

Komputasi MATLAB

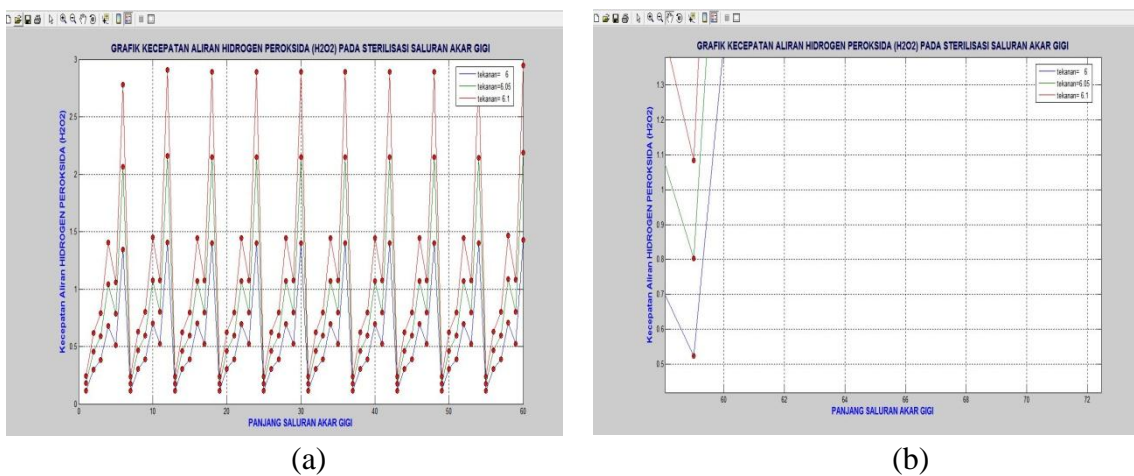
Setelah memasukkan nilai awal meliputi diskritisasi sumbu x, diskritisasi sumbu y, besar sudut maksimal, besar sudut minimal didapatkan hasil eksekusi *programming* berupa data tabel dan grafik. Setelah program dieksekusi dengan memasukkan nilai koefisien-koefisien yang diketahui pada proses sterilisasi saluran akar gigi seperti: kecepatan arah sumbu x = 0,05 m/s² kecepatan arah sumbu y = 0,002 m/s², tekanan yang diberikan pendorong = 6 Pa, luas permukaan karet pendorong = 4,8 x 10⁻⁵, luas permukaan lubang jarum suntik = 3x10⁻⁵, gaya gravitasi = 9,8 m/s², massa jenis = 1,48198 kg/m³, nilai viskositas = 9,83x10⁻⁵ kg/ms. Berikut ini visualisasi hasil eksekusi program sterilisasi saluran akar gigi dengan metode biasa dengan besar sudut 0°, 10°, 20° dan tekanan 6 Pa tersaji pada Gambar 4



Gambar 4. Grafik Kecepatan dengan Sudut 0°, 10°, 20° dan Tekanan 6 Pa dan Perbesarannya

Pada sterilisasi saluran akar gigi jika kecepatannya terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan bahkan rasa sakit. Apabila kecepatannya terlalu rendah, pembersihan bakterinya tidak terlalu efektif. Pada Gambar 4(b) dapat dilihat bahwa sterilisasi dengan menggunakan sudut 0° lebih besar kecepatannya daripada menggunakan sudut 10° Sterilisasi dengan sudut 10° kecepatannya lebih besar daripada

menggunakan sudut 20° . Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada proses sterilisasi saluran akar gigi semakin besar sudut semprotan jarum suntik kecepatannya akan semakin kecil, semakin kecil sudut semprotan jarum suntik maka kecepatannya akan semakin besar. Sudut semprotan yang ideal untuk sterilisasi saluran akar gigi yaitu sudutnya tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil agar penyebarannya merata serta kecepatannya sedang.

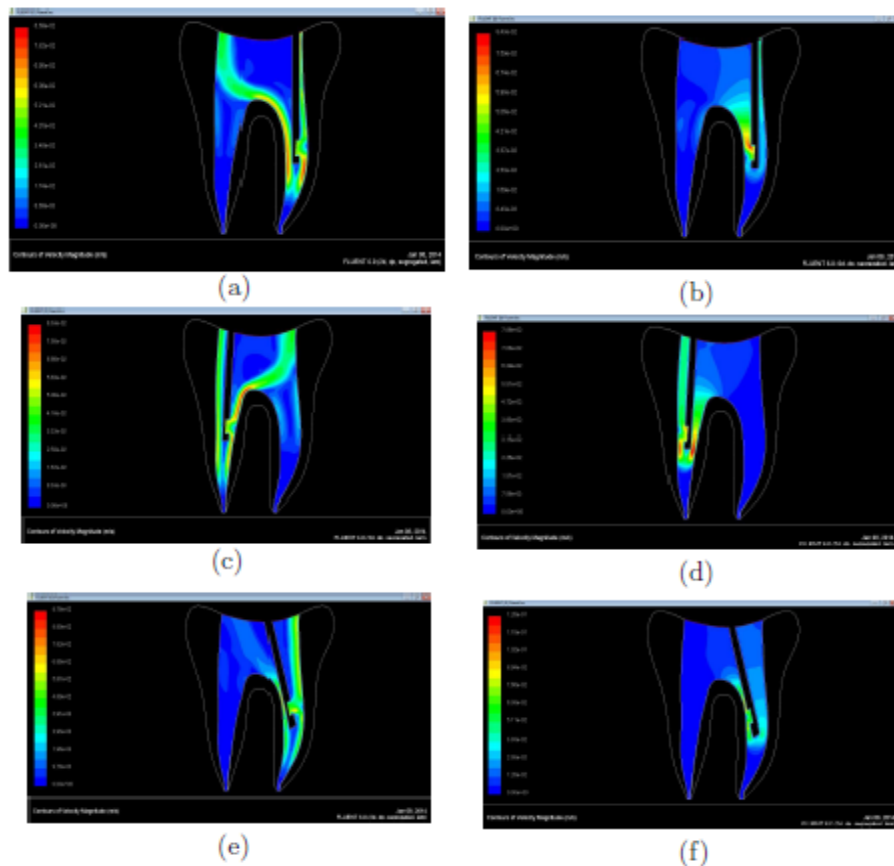


Gambar 5. Grafik Kecepatan dengan Sudut 10° dan Tekanan 6; 6,01; 6,1 Pa dan Perbesarannya

Pada Gambar 5(b) dapat dilihat bahwa sterilisasi dengan menggunakan tekanan 6,1 Pa lebih besar kecepatannya daripada menggunakan tekanan 6,05 Pa. Sterilisasi dengan tekanan 6,05 Pa kecepatannya lebih besar daripada menggunakan tekanan 6 Pa. Namun pada tekanan yang kurang dari 6 Pa maka kecepatannya negatif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada proses sterilisasi saluran akar gigi semakin nilai tekanan pendorongnya lebih besar dari 6 Pa maka nilai kecepatannya semakin besar, semakin nilai tekanan pendorongnya kurang dari 6 Pa maka nilai kecepatannya akan negatif. Sedangkan untuk tekanan pendorong 6 Pa, kecepatannya sedang serta perubahan tiap panjang domainnya yaitu saluran akar gigi tidak terlalu besar, sehingga kecepatan penyebarannya merata. Maka dapat disimpulkan tekanan pendorong yang paling ideal untuk proses sterilisasi saluran akar gigi adalah tekanan 6 Pa.

Simulasi FLUENT

Besar kecilnya kecepatan serta penyebaran aliran cairan hidrogen peroksida merata atau tidaknya memiliki banyak pengaruh. Hal ini terjadi karena sterilisasi tidak hanya bergantung pada sudut yang dibentuk oleh semprotan jarum suntik dengan arah sumbu x namun bergantung pada anatomi sistem saluran akar, ukuran dan kedalaman penyisipan jarum sterilisasi, tekanan pendorong, luas permukaan lubang jarum suntik serta volume dan sifat cairan sterilisasi.



Gambar 6: Hasil Simulasi Kecepatan dengan Arah Semprotan Jarum Suntik Membentuk sudut (a)0°, (b)180°, (c)350°, (d)170°, (e)0° < μ < 30°, (f)180° < μ < 200°

Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga Pada Proses Sterilisasi Saluran Akar Gigi

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan berdasarkan tingkat kesalahan perhitungan. Tingkat kesalahan perhitungan yang didapat adalah sebesar 0,0410790682 % maka bisa dikatakan jika metode volume hingga efektif untuk menyelesaikan kasus sterilisasi saluran akar gigi. Selain hasil *error* dari perhitungan MATLAB, akan disajikan juga grafik iterasi sterilisasi saluran akar gigi dengan menggunakan FLUENT. Grafik iterasi yang dihasilkan dari FLUENT ini didapat dan dijalankan dari gambar

geometri fluida cair dan didefinisikan sedemikian hingga agar mirip dengan model aslinya. Grafik iterasi pada FLUENT akan otomatis berhenti jika proses iterasi yang dilakukan telah mencapai perhitungan yang konvergen. Dari grafik didapatkan hasil bahwa solusi model matematika sterilisasi saluran akar gigi memiliki solusi yang konvergen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Model matematika sterilisasi saluran akar gigi adalah persamaan yang diselesaikan dengan metode volume hingga, dimana persamaan tersebut adalah merupakan persamaan yang dinyatakan pada persamaan momentum dan kontinuitas massa. Berikut ini adalah persamaannya.

$$\begin{aligned} \Phi_e(-\rho\Delta y\Delta t - \rho\Delta y\Delta t u \cos \theta) + \Phi_w(\rho\Delta y\Delta t + \rho\Delta y\Delta t u \cos \theta) + \Phi_s(\rho\Delta x\Delta t + \\ \rho\Delta x\Delta t v \sin \theta) + \Phi_n(-\rho\Delta x\Delta t - \rho\Delta x\Delta t v \sin \theta) = -p\Delta y\Delta t - p\Delta x\Delta t + \\ \rho g\Delta y\Delta t + \rho g\Delta x\Delta t + 2\mu \frac{u}{\Delta x} \Delta y\Delta t + \mu \frac{v}{\Delta x} \Delta y\Delta t + \mu u\Delta t + \mu v\Delta t + \mu \frac{u}{\Delta y} \Delta x\Delta t + \\ 2\mu \frac{v}{\Delta y} \Delta x\Delta t \end{aligned}$$

2. Pada proses sterilisasi saluran akar gigi semakin besar sudut semprotan jarum suntik kecepatannya akan semakin kecil, semakin kecil sudut semprotan jarum suntik maka kecepatannya akan semakin besar. Sudut semprotan yang ideal untuk sterilisasi saluran akar gigi yaitu sudutnya tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil agar penyebarannya merata serta kecepatannya sedang.
3. Pada proses sterilisasi saluran akar gigi semakin nilai tekanan pendorongnya lebih besar dari 6 Pa maka nilai kecepatannya semakin besar, semakin nilai tekanan pendorongnya kurang dari 6 Pa maka nilai kecepatannya negatif. Sedangkan untuk tekanan pendorong 6 Pa, kecepatan sedang serta perubahan tiap panjang domainnya yaitu saluran akar gigi tidak terlalu besar, sehingga kecepatan penyebarannya merata. Maka dapat disimpulkan tekanan pendorong yang paling ideal untuk proses sterilisasi saluran akar gigi adalah tekanan 6 Pa.

4. Persamaan sterilisasi saluran akar gigi adalah model yang akurat dalam menyelesaikan kasus pengaruh arah semprotan pada lubang jarum suntik dan tekanan pendorong pada proses sterilisasi saluran akar gigi karena persamaan ini *error* relatifnya kurang dari 1 % yaitu sebesar 0,0410790682 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aspley, D.D. 2007. *Quantitative Properties of F.D. Schemes, Lecture handout: CFD*. Manchester: University of Manchester.
- [2] Dakfi. 1999. *Matlab Dalam Matematika*. Jember : FKIP
- [3] Fatahillah, Arif, 2014. *Analisis Numerik Profil Sedimentasi Pasir Pada Pertemuan Dua Sungai Berbantuan Software Fluent*. Jember : FKIP
- [4] Grossman, L dkk. 1995. *Ilmu Endodonti dalam Praktek (Edisi kesebelas) Alih bahasa oleh Rafiah Abyono*. Jakarta : EGC
- [5] Santoso. 1984. *Pemodelan Matematika*. Jakarta: Erlangga
- [6] Streeter dan Wylie. 1985. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga
- [7] Tarigan, Rasinta. 2002. *Perawatan Pulpa Gigi(Endodonti)*. Jakarta: EGC
- [8] Tondok, Deni. 2009. *Analisis Perambatan Retak Pada Permukaan Baja NiCr Akibat Pendinginan Mendadak (Quenching)*. Surabaya : ITS
- [9] Trisnani, Didin. 2014. *Analisis Sirkulasi Udara Berdasarkan Kecepatan Awal Udara Pada Tanaman Pelindung Kopi dan Pola Tanam Graf Tangga Permata Dengan Metode Volume Hingga*. Jember : Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika. Hal : 23-30

