

SKRIPSI

**PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION*
(IVIM) PADA SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED*
IMAGING (DWI) UNTUK EVALUASI TUMOR OTAK
(*LITERATURE REVIEW*)**



Oleh

SALSABILA AMELIA PUTRI

NIM 1518103833031

PROGRAM STUDI

DIPLOMA IV TEKNOLOGI RADIOLOGI PENCITRAAN

FAKULTAS VOKASI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2021

**PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION* (IVIM) PADA
SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED IMAGING* (DWI) UNTUK
EVALUASI TUMOR OTAK
(*LITERATURE REVIEW*)**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Terapan

Pada

Program Studi D-IV Teknologi Radiologi Pencitraan

Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga

Oleh

SALSABILA AMELIA PUTRI

NIM 151810383031

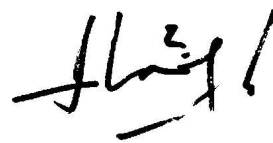
Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001



Lailatul Muqmiroh, dr., Sp.Rad (K)
NIP. 19760720 201504 3 201

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Radiologi Pencitraan



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION* (IVIM) PADA
SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED IMAGING* (DWI) UNTUK
EVALUASI TUMOR OTAK
(*LITERATURE REVIEW*)**

OLEH :

SALSABILA AMELIA PUTRI

NIM 151810383031

Bahwa pembimbing telah menyetujui skripsi ini untuk dipertahankan
di depan tim penguji dalam seminar hasil

Pembimbing I



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

Pembimbing II



Lailatul Muqmiroh, dr., Sp.Rad (K)
NIP. 19760720 201504 3 201

Surabaya, 5 Agustus 2022

Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Radiologi Pencitraan
Fakultas Vokasi
Universitas Airlangga



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

LEMBAR PENGESAHAN
PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION* (IVIM) PADA
SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED IMAGING* (DWI) UNTUK
EVALUASI TUMOR OTAK
(*LITERATURE REVIEW*)

Oleh :

SALSABILA AMELIA PUTRI

NIM 151810383031

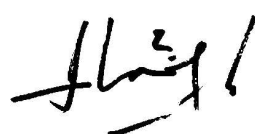
Setelah dipertahankan di depan tim penguji pada 12 Agustus 2022 dan dinyatakan
memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Kesehatan dalam
bidang Teknologi Radiologi Pencitraan

Dosen Pembimbing I



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

Dosen Pembimbing II



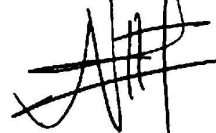
Lailatul Muqmiroh, dr., Sp.Rad (K)
NIP. 19760720 201504 3 201

Dosen Penguji I



Dr. Rosy Setiawati, dr., Sp.Rad (K)
NIP. 19760215 200801 2 012

Dosen Penguji II



Eunike Serfina Fajarini, S.Si, M.I.Kom.

Surabaya, 19 Agustus 2022

Koordinator Program Studi D-IV Teknologi Radiologi Pencitraan

Fakultas Vokasi

Universitas Airlangga



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

**SURAT PERSETUJUAN
MENJILID DAN MENGGANDAKAN NASKAH SKRIPSI**

**PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION* (IVIM) PADA
SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED IMAGING* (DWI) UNTUK
EVALUASI TUMOR OTAK
(*LITERATURE REVIEW*)**

Oleh :

SALSABILA AMELIA PUTRI

NIM 151810383031

Setelah dipertahankan di depan tim penguji pada 12 Agustus 2022 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Kesehatan dalam bidang Teknologi Radiologi Pencitraan

Dosen Pembimbing I



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

Dosen Pembimbing II



Lailatul Muqmiroh, dr., Sp.Rad (K)
NIP. 19760720 201504 3 201

Surabaya, 19 Agustus 2022

Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Radiologi Pencitraan
Fakultas Vokasi
Universitas Airlangga



Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T.
NIP. 1990022520200731001

SURAT PERNYATAAN

Nama :SALSABILA AMELIA PUTRI

NIM :151810383031

Program Studi :D-IV TEKNOLOGI RADIOLOGI PENCITRAAN

Judul Penelitian :PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION*
(IVIM) PADA SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED IMAGING* (DWI) UNTUK
EVALUASI TUMOR OTAK (*LITERATURE REVIEW*)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka skripsi ini semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Surabaya, 19 Agustus 2022

Yang menyatakan



Salsabila Amelia Putri
NIM 151810383031

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Parameter *Intravoxel Incoherent Motion* (IVIM) Pada Sekuen *Diffusion Weighted Imaging* (DWI) untuk Evaluasi Tumor Otak (*Literature Review*)”. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan pendidikan Diploma – IV Teknologi Radiologi Pencitraan Fakultas Vokasi Universitas Airlangga, Surabaya.

Dalam penyusunan skripsi ini, tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi. Namun, penulis menyadari bahwa kelancaran dalam penyusunan skripsi ini tidak lain berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga kendala-kendala yang penulis hadapi dapat teratasi.

Bersama ini perkenankanlah saya mengucapkan terimakasih dengan hati yang tulus kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala pembelajaran hidup dan menjadi tempat bergantung dalam segala masalah
2. Kedua orang tua saya yang telah memberikan limpahan kasih sayang, semangat, motivasi, dan doa demi kelancaran penyusunan skripsi
3. Program Studi D–IV Teknologi Radiologi Pencitraan, tempat saya mendalami ilmu Radiologi selama menempuh perkuliahan.
4. Muhaimin, S.Tr.Kes., M.T selaku Koordinator Program Studi Diploma IV Teknologi Radiologi Pencitraan Universitas Airlangga

5. Muhaimin S.Tr.Kes., M.T selaku dosen pembimbing I saya. Berkat bimbingan dan ilmu yang telah beliau sampaikan selama penulis menyelesaikan skripsi ini dan selama menjadi mahasiswa.
6. Lailatul Muqmiroh,dr., Sp.Rad (K) selaku dosen pembimbing II saya. Berkat bimbingan dan ilmu yang telah beliau sampaikan selama penulis menyelesaikan skripsi ini dan selama menjadi mahasiswa.
7. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu dalam menyelesaikan skripsi ini, terimakasih yang tak terhingga.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi dan bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 9 Agustus 2022

Penulis

PARAMETER *INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION* (IVIM) PADA SEKUEN *DIFFUSION WEIGHTED IMAGING* (DWI) UNTUK EVALUASI TUMOR OTAK: *LITERATURE REVIEW*

Salsabila Amelia Putri

ABSTRAK

Latar Belakang: Sekuen *Diffusion Weighted Imaging* (DWI) pada MRI merupakan sekuen utama untuk diagnosis tumor otak yang memiliki dua metode pengukuran, yaitu *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) dan *Intravoxel Incoherent Motion* (IVIM). *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) memiliki kelemahan yaitu nilainya dipengaruhi oleh difusi molekul air dalam suatu jaringan dan gerakan pseudorandom yang disebabkan oleh perfusi kapiler. Berbeda dengan ADC, *Intravoxel Incoherent Motion* (IVIM) dapat memisahkan sinyal *intravoxel* menjadi difusi dan perfusi. Metode ini sangat berguna dalam evaluasi tumor, tetapi masih terdapat beberapa perbedaan dalam parameter dan hasil pengukuran IVIM. **Tujuan:** Untuk mengetahui *Intravoxel Incoherent Motion* (IVIM) pada sekuen *Diffusion Weighted Imaging* (DWI) untuk evaluasi tumor otak berdasarkan *literature review*. **Metode:** Studi literatur dengan menggunakan sumber data dari 14 artikel jurnal publikasi ilmiah dalam periode 2012 hingga 2022. **Hasil:** Dalam mendapatkan nilai IVIM diperlukan data DWI yang menggunakan jumlah *b-value* yang tepat dan mencakup *b-value* rendah ($0 - 50 \text{ s/mm}^2$), *b-value* menengah ($b = 200 - 400 \text{ s/mm}^2$), dan (iii) *b-value* tinggi ($b > 500 \text{ s/mm}^2$) untuk menghasilkan parameter D , D^* , dan f . Distribusi dan jumlah *b-value* tinggi ($\geq 200 \text{ s/mm}^2$) dan *b-value* rendah ($0 < b < 200 \text{ s/mm}^2$) akan mempengaruhi ketepatan pengukuran IVIM. Pada tumor otak, pengukuran IVIM diperoleh hasil nilai parameter D rendah pada tumor otak *high grade* dibandingkan dengan *low grade*. Sedangkan nilai parameter D^* dan f tinggi pada tumor otak *high grade* dibandingkan dengan *low grade*.

Kata Kunci: *Magnetic Resonance Imaging*, *Diffusion Weighted Imaging*, *Intravoxel Incoherent Motion*, Tumor Otak.

INTRAVOXEL MOTION (IVIM) PARAMETERS ON DIFFUSION-WEIGHTED IMAGING (DWI) SEQUENCE FOR BRAIN TUMOR EVALUATION: LITERATURE REVIEW

Salsabila Amelia Putri

ABSTRACT

Background: Diffusion Weighted Imaging (DWI) sequences on MRI are the main sequences for the diagnosis of brain tumors that have two measurement methods, namely Apparent Diffusion Coefficient (ADC) and Intravoxel Incoherent Motion (IVIM). Apparent Diffusion Coefficient (ADC) has a weakness, namely, its value is influenced by the diffusion of water molecules in tissue and pseudorandom movement caused by capillary perfusion. In contrast to ADC, Intravoxel Incoherent Motion (IVIM) can separate the intravoxel signal into diffusion and perfusion. This method is very useful in tumor evaluation, but there are still some differences in IVIM parameters and measurement results. **Objective:** To determine Intravoxel Incoherent Motion (IVIM) in Diffusion Weighted Imaging (DWI) sequences for evaluation of brain tumors based on a literature review. **Method:** Literature study using data sources from 14 scientific publication journal articles in the period 2012 to 2022. **Results:** In getting the IVIM value, DWI data is needed that uses the right number of b-values and includes low b-values ($0 - 50 \text{ s/mm}^2$), medium b-value ($b = 200 - 400 \text{ s/mm}^2$), and (iii) high b-value ($b > 500 \text{ s/mm}^2$) to produce parameters D , D^* , and f . The distribution and amount of high b-value ($\geq 200 \text{ s/mm}^2$) and low b-value ($0 < b < 200 \text{ s/mm}^2$) will affect the accuracy of IVIM measurement. In IVIM in clinical brain tumors, the results of parameter D showed a low value in high-grade brain tumors compared to low-grade. While the parameters D^* and f show high values in high-grade brain tumors compared to low-grade.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging, Diffusion Weighted Imaging, Intravoxel Incoherent Motion, Brain Tumor.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERSETUJUAN MENGGANDAKAN NASKAH SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Teoritis	5
1.4.2 Manfaat Praktis.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 MRI Kepala.....	6
2.1.2 <i>Diffusion Weighted Imaging</i> (DWI)	8
2.1.3 <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM).....	12

2.1.4 Tumor Otak	18
BAB 3 METODE <i>LITERATURE REVIEW</i>	32
3.1 Metode Penulisan	32
3.2 Sumber Data	32
3.2.1 <i>Data Base</i>	32
3.2.2 Kata Kunci	32
3.3 Kriteria Inklusi	33
3.4 Kriteria Eksklusi	33
3.5 Variabel Literature Review	33
3.6 Definisi Operasional	34
3.7 Alur Pencarian Artikel	36
3.8 Analisis Kriteria Studi	37
3.9 Analisis Data	61
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Hasil	62
4.1.1 Hasil Penggunaan <i>B-value</i> pada Pengukuran <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM) pada Tumor Otak	63
4.1.2 Hasil Pengukuran <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM) pada Tumor Otak	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Hasil Distribusi <i>b-value</i> pada <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM) pada Tumor Otak	65
4.1.3.1 Hasil Pengukuran Parameter <i>D</i>	69
4.1.3.2 Hasil Pengukuran Parameter <i>D*</i>	72
4.1.3.3 Hasil Pengukuran Parameter <i>f</i>	75

4.2 Pembahasan	77
4.2.1 Pembahasan <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM).....	77
4.2.2 Pembahasan Parameter <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM) pada Tumor Otak.....	80
4.2.2.1 Parameter D	80
4.2.2.2 Parameter D^*	83
4.2.2.3 Parameter f	84
4.3 Keterbatasan Penulisan	87
BAB 5 PENUTUP	88
5.1 Kesimpulan.....	88
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Free dan restricted diffusion</i> pada air	9
Gambar 2. 2 Ilustrasi efek dari gradient difusi	10
Gambar 2. 3 Glioblastoma multiforme pada DWI (Svolos et al., 2014).....	11
Gambar 2. 4 Primary Cerebral Lymphoma pada DWI (Svolos et al., 2014).....	12
Gambar 2. 5 Difusi molekuler dan mikrosirkulasi darah	13
Gambar 2. 6 Pemetaan parameter D , D^* , dan f (Paschoal et al., 2018)	14
Gambar 2. 7 Difusi <i>non-gaussian</i> pada parameter IVIM (Le Bihan, 2019)	16
Gambar 2. 8 Pengaruh <i>rician noise</i> pada parameter IVIM	17
Gambar 2. 9 Astrocytoma (She et al., 2018).....	21
Gambar 2. 10 Supratentorial ependymoma (Kuai et al., 2020)	23
Gambar 2. 11 Glioblastoma (Stuart et al., 2019).....	24
Gambar 2. 12 Medulloblastoma (Drevelgas, 2011).....	25
Gambar 2. 13 Oligodendroglioma (Smits, 2016)	26
Gambar 2. 14 Oligoastrocytoma (Bian et al., 2009).....	26
Gambar 2. 15 Atypical Teratoid Rhabdoid Tumor (Koral et al., 2008).....	27
Gambar 2. 16 Choroid plexus papilloma (H. Lin et al., 2019)	28
Gambar 2. 17 Gliomatosis cerebri (Beyazal et al., 2014)	28
Gambar 2. 18 PCNSL (Ambady et al., 2021).....	29
Gambar 2. 19 Tumor metastatik (Fink & Fink, 2013).	30
Gambar 2. 20 Seluleritas pada tumor <i>high</i> dan <i>low grade</i> (Jeong et al., 2015)...	31
Gambar 3. 1 Diagram flow alur seleksi data base artikel.....	36
Gambar 4. 1 Diagram penggunaan <i>b-value</i>	64
Gambar 4. 2 Diagram hasil pengukuran parameter D	69
Gambar 4. 3 Diagram sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada artikel yang menunjukkan hasil pengukuran parameter D yang sesuai.....	70
Gambar 4. 4 Diagram sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada artikel yang menunjukkan hasil pengukuran parameter D yang tidak sesuai	71
Gambar 4. 5 Diagram hasil pengukuran parameter D^*	72

Gambar 4. 6 Diagram sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada artikel yang menunjukkan hasil pengukuran parameter D^* yang sesuai	73
Gambar 4. 7 Diagram sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada artikel yang menunjukkan hasil pengukuran parameter D^* yang tidak sesuai	74
Gambar 4. 8 Diagram hasil pengukuran parameter f	75
Gambar 4. 9 Diagram sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada artikel yang menunjukkan hasil pengukuran parameter f yang sesuai	76
Gambar 4.10 Diagram sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada artikel yang menunjukkan hasil pengukuran parameter f yang tidak sesuai	77
Gambar 4. 11 Parameter ADC, D , D^* , f , dan $f \times D^*$ dalam membedakan tumor <i>high grade</i> dan <i>low grade</i> (Shen et al., 2016).....	80
Gambar 4. 12 Parameter f pada kelompok tumor <i>high grade</i> dan <i>low grade</i> (C. et al., 2014).	84

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Critical Appraisal</i> Artikel Terpilih	37
Tabel 4.1 Penggunaan <i>B-values</i> pada Pengukuran <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM) berdasarkan artikel yang terpilih.....	63
Tabel 4. 2 Variasi sebaran penggunaan <i>b-value</i> pada <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM).....	65
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran dan Nilai <i>Cut-off</i> dari Parameter <i>Intravoxel Incoherent Motion</i> (IVIM).....	67