

SKRIPSI

**ESTIMASI PENUMBRA BERKAS RADIASI
DARI KURVA ISODOSIS PADA PESAWAT TELETERAPI COBALT-60
DI RSUD DR.MOEWARDI SURAKARTA**



Disusun oleh :

**Shofatul Choiriyah
M0216076**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
SEPTEMBER 2020**

SKRIPSI

Estimasi Penumbra Berkas Radiasi dari Kurva Isodosi Pada Pesawat Teleterapi Cobalt-60 di RSUD Dr. Moewardi Surakarta

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**



Disusun oleh :

**Shofatul Choiriyah
M0216076**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
SEPTEMBER 2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**Estimasi Penumbra Berkas Radiasi dari Kurva Isodosis Pada Pesawat
Teleterapi Cobalt-60 di RSUD Dr. Moewardi Surakarta**

Oleh

Shofatul Choiriyah

M0216076

Telah Disetujui Oleh

Pembimbing I



Dra. Riyatun, M. Si.

NIP. 196802261994022001

Tanggal : 7 September, 2020

Pembimbing 2



Muhammad Ilma Muslih Arrozaqi, S.T.

NIP. 199103042019021005

Tanggal : 8 September, 2020

commit to user

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Estimasi Penumbra Berkas Radiasi dari Kurva Isodosis
Pada Pesawat Teleterapi Cobalt-60 di RSUD Dr.
Moewardi Surakarta

Yang ditulis oleh:

Nama : Shofatul Choiriyah

NIM : M0216076

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Senin

Tanggal : 14 September 2020

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji
Nama : Dr. Yofentina Iriani, S.Si., M.Si.
NIP. 197112271997022001
2. Sekertaris Penguji
Nama : Drs. Suharyana, M.Sc.
NIP. 196112171989031003
3. Anggota Penguji I
Nama : Dra. Riyatun, M. Si.
NIP. 196802261994022001
4. Anggota Penguji II
Nama : Muhammad Ilma Muslih Arrozaqi, S.T.
NIP. 199103042019021005

Disahkan pada tanggal 02 November 2020

Oleh

Kepala Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Agnis Supriyanto, S.Si, M.Si.
NIP. 196908261999031001

commit to user

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “ESTIMASI PENUMBRA BERKAS RADIASI DARI KURVA ISODOSIS PADA PESAWAT TELETERAPI COBALT-60 DI RSUD DR. MOEWARDI SURAKARTA” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih.

Surakarta, September 2020

Shofatul Choiriyah



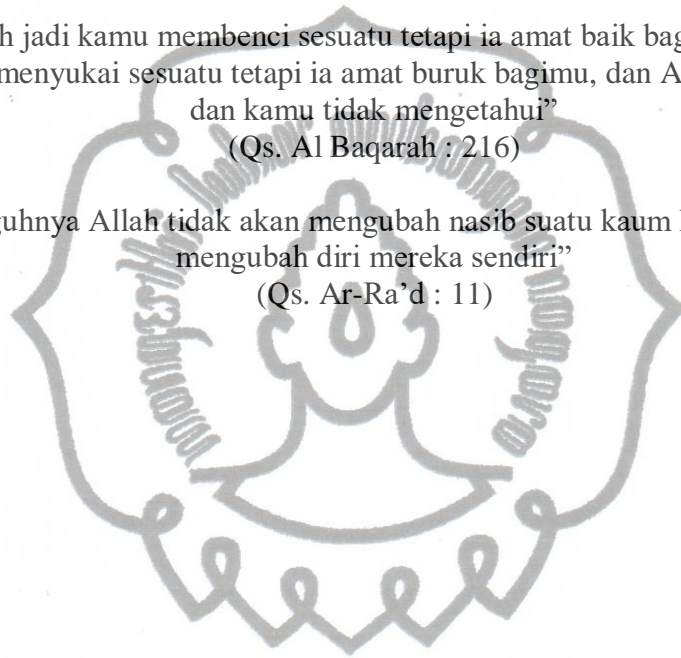
MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”
(Qs. Al-Insyirah : 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Qs. Al-Baqarah : 286)

“Dan boleh jadi kamu membenci sesuatu tetapi ia amat baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu tetapi ia amat buruk bagimu, dan Allah mengetahui dan kamu tidak mengetahui”
(Qs. Al Baqarah : 216)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri”
(Qs. Ar-Ra'd : 11)



PERSEMBAHAN

Puji syukur kupanjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan hidayahnya, sehingga saya diberi kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini. Walaupun jauh dari kata sempurna, namun saya bangga telah mencapai pada titik ini, yang akhirnya skripsi ini bisa diselesaikan saat ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depanku, dalam meraih cita-cita.

Sebagai tanda bukti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan sebuah karya ini untuk bapak dan ibu yang telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan. Terima kasih atas semua cinta yang telah bapak dan ibu berikan kepada saya. Semoga ini menjadi langkah awal membuat bapak dan ibu bahagia. Karena saya sadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Bapak, ibu terimalah karya kecil ini sebagai bukti keseriusanku dalam mencari jalan yang diridhoi oleh Allah SWT.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan kalian, serta memudahkan dan diberkahi selalu oleh Allah SWT dalam menjalani hari-hari. Saya menyadari bahwa hasil skripsi ini jauh dari kata sempurna, tetapi saya harap isinya tetap dapat memberi manfaat sebagai ilmu dan pengetahuan bagi para pembacanya.

Estimasi Penumbra Berkas Radiasi dari Kurva Isodosis Pada Pesawat Teleterapi Cobalt-60 di RSUD Dr. Moewardi Surakarta

SHOFATUL CHOIRIYAH

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Kanker merupakan salah satu penyakit yang dapat menyebabkan kematian. Jumlah penderita kanker dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan. Radioterapi merupakan metode pengobatan kanker dengan menggunakan radiasi berenergi tinggi. Tujuan utama terapi adalah mematikan sel kanker namun sel sehat yang berada di sekitar sel target juga menerima radiasi sehingga sel sehat akan menjadi rusak. Untuk mengoptimalkan terapi maka dilakukan *Treatment Planning System* (TPS), dimana informasi berkas tentang umbra dan penumbra radiasi sangat diperlukan.

Berdasarkan data penelitian oleh Sabrina (2020) peneliti melakukan analisis lebih lanjut. Data tersebut diperoleh dari pesawat teleterapi ^{60}Co dengan luas kolimator yang digunakan sebesar (10 x 10) cm, SSD 80 cm serta dosis radiasi pada pantom air pada kedalaman 6 hingga 8 cm dan ke arah kanan kiri dari pusat selebar 3 sampai 6 cm. Pada kedalaman 6 cm laju dosis pada pusat pengukuran yaitu sebesar $(68,15 \pm 0,96)$ cGy/menit dengan rata-rata laju dosis sebesar $(46,29 \pm 0,69)$ cGy/menit. Luas umbra yang diperoleh yaitu $(7,2 \times 7,2)$ cm dengan rata-rata laju dosis sebesar $(56,98 \pm 0,84)$ cGy/menit. Penumbra yang diperoleh sebesar $(1,4 \pm 0,1)$ cm dengan rata-rata laju dosis $(24,65 \pm 0,69)$ cGy/menit.

Dengan bertambahnya kedalaman maka laju dosis rata-rata turun secara eksponensial menurut persamaan $y = 70,586e^{-0,073x}$. Pada kedalaman 8 cm diperoleh laju dosis di pusat penyinaran sebesar $(64,05 \pm 0,94)$ cGy/menit dan rata-rata laju dosis sebesar $(39,87 \pm 0,58)$ cGy/menit. Pada kedalaman 8 cm luas umbra yang diperoleh yaitu $(7,2 \times 7,2)$ cm dengan laju dosis $(56,26 \pm 0,81)$ cGy/menit. Lebar penumbra yang diperoleh yaitu $(2,4 \pm 0,1)$ cm dengan rata-rata laju dosis sebesar $(24,78 \pm 0,37)$ cGy/menit. Penumbra dihitung pada daerah penyinaran yang memperoleh dosis radiasi sebesar 20 % hingga 80 %.

Kata kunci : Kanker, Teleterapi ^{60}Co , Umbra dan Penumbra Berkas, Laju dosis

Estimation of Penumbra Radiation Beams From Isodosis Curves on The Cobalt-60 Teletherapy at Dr. Moewardi Surakarta

Shofatul Choiriyah

Physics Departement, Faculty of Mathematics and Natural Science
Sebelas Maret University

ABSTRACT

Cancer is a disease that can cause death. The number of cancer sufferers each year has increased significantly. The method of treating cancer using high energy radiation as a therapeutic source is called radiotherapy. In doing radiotherapy treatment, healthy cells around the target also receive radiation so that healthy cells will be damaged. To minimize damage to healthy cells, a Treatment Planning System (TPS) is needed. In conducting treatment planning, it is necessary to know about the radiation penumbra. Therefore, in this study an estimate of the radiation penumbra was carried out.

Based on research data by Sabrina (2020), the researcher carried out further analysis. The data was obtained from a teletherapy ^{60}Co with a collimator area of (10 x 10) cm, 80 cm SSD and the radiation dose to the water phantom at a depth of 6 to 8 cm and to the right and left from the center 3 to 6 cm wide. At a depth of 6 cm the dose rate at the measurement center was $(68,15 \pm 0,96)$ cGy/minute with an average dose rate of $(46,29 \pm 0,69)$ cGy/minute. The umbra area obtained was (7,2 x 7,2) cm with an average dose rate of $(56,98 \pm 0,84)$ cGy/minute. The penumbra obtained was $(1,4 \pm 0,1)$ cm with an average dose rate $(24,65 \pm 0,69)$ cGy/minute.

With increasing depth, the average dose rate decreases exponentially according to the equation $y = 70,586e^{-0,073x}$. At a depth of 8 cm, the dose rate at the irradiation center was $(64,05 \pm 0,94)$ cGy/minute and the average dose rate was $(39,87 \pm 0,58)$ cGy/minute. At a depth of 8 cm, the umbra area obtained was (7,2 x 7,2) cm with a dose rate of $(56,26 \pm 0,81)$ cGy/minute. The penumbra width obtained was $(2,4 \pm 0,1)$ cm with an average dose rate of $(24,78 \pm 0,37)$ cGy/minute. The penumbra is calculated in an irradiated area that receives a radiation dose of 20 % to 80 %.

Key words : Cancer, Teletherapy ^{60}Co , Umbra and Penumbra Beams, Dose Rate

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman jahiliyah menuju zaman yang berilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Selesaiannya penulisan skripsi ini tidak lepas oleh bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan do'a, dukungan dan motivasi yang luar biasa kepada penulis.
2. Ibu Dra. Riyatun, M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Bapak M. Ilma Muslih Arrozaqi, S.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta saran hingga penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc. yang telah memberikan bimbingan serta saran hingga penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Nuryani, S.Si, M.Si, Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama ini.
6. Pihak-pihak Program Studi Fisika yang telah mendukung kelancaran pengerjaan skripsi ini.
7. Santi, Youri, dan teman-teman group riset nuklir yang telah membantu dan memberi dukungan kepada penulis.
8. Teman-teman Fisika angkatan 2016.
9. Mbak Nadia yang telah membantu penulis dalam perolehan data.

Akhir kata, saya berharap kepada Allah SWT untuk memberikan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini

masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Mudah – mudahan skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surakarta, September 2020

Shofatul Choiriyah



PUBLIKASI

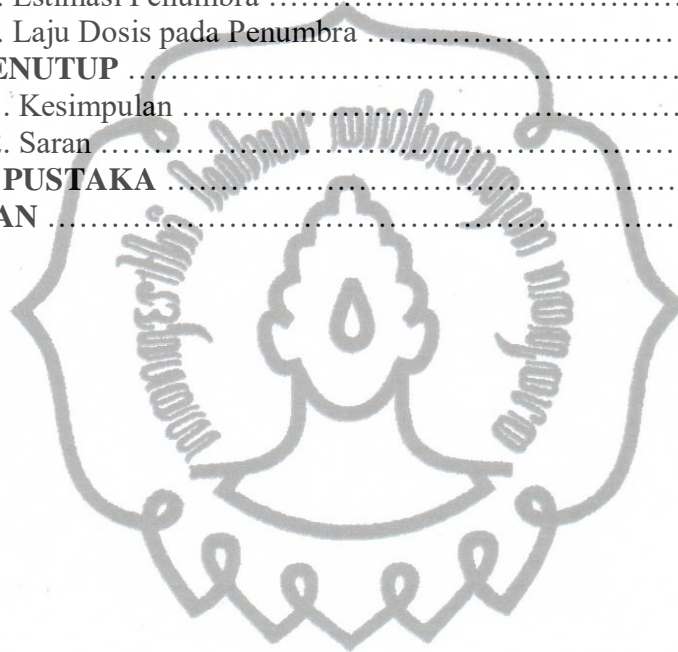
Sebagian skripsi saya yang berjudul “Estimasi Penumbra Berkas Radiasi dari Kurva Isodosis pada Pesawat Teleterapi Cobalt-60 di RSUD Dr. Moewardi Surakarta” telah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya 2020.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN ABSTRAK	viii
HALAMAN ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
HALAMAN PUBLIKASI	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah	5
1.3. Perumusan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Kanker	7
2.2. Radioterapi	7
2.3. Radioisotop ^{60}Co	8
2.4. Interaksi Radiasi dengan Sel Tubuh	9
2.5. Pesawat Teleterapi ^{60}Co	11
2.6. <i>Quality Assurance</i> dan <i>Quality Control</i> pada Radioterapi	13
2.7. Peralatan Dosimetri dalam QA dan QC pada Pesawat Teleterapi ^{60}Co	14
2.7.1. <i>Ionization Chamber</i>	14
2.7.2. Elektrometer	15
2.7.3. Pantom Air	15
2.8. <i>Treatment Planning System</i> pada Pesawat Teleterapi ^{60}Co ...	16
2.9. Dosis Radiasi	16
2.10. Penetrasi Sinar Gamma pada Pantom atau Pasien	18
2.10.1. Distribusi Isodosis pada Pantom Air	19
2.11. Penumbra	21
2.12. Dosis Serap di Air	22
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.2.1. Alat yang digunakan dalam penelitian	25

3.2.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian	25
3.3. Prosedur Penelitian	25
3.3.1. Pengolahan Data	27
3.4. Teknik Analisa Data	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Data Penelitian	29
4.2. Laju Dosis pada Pusat Penyinaran	30
4.3. Kurva Isodosis	33
4.4. Luas Umbra	35
4.5. Estimasi Penumbra	36
4.6. Laju Dosis pada Penumbra	38
BAB V PENUTUP	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Penelitian Terkait Penumbra dan Persentase Dosis.....	22
Tabel 4.1. Laju Dosis Serap pada Kedalaman referensi (Gy/menit).....	30
Tabel 4.2. Estimasi Penumbra Berkas Radiasi dari Penelitian.....	36
Tabel 4.3. Ukuran Penumbra pada Pesawat ^{60}Co	37

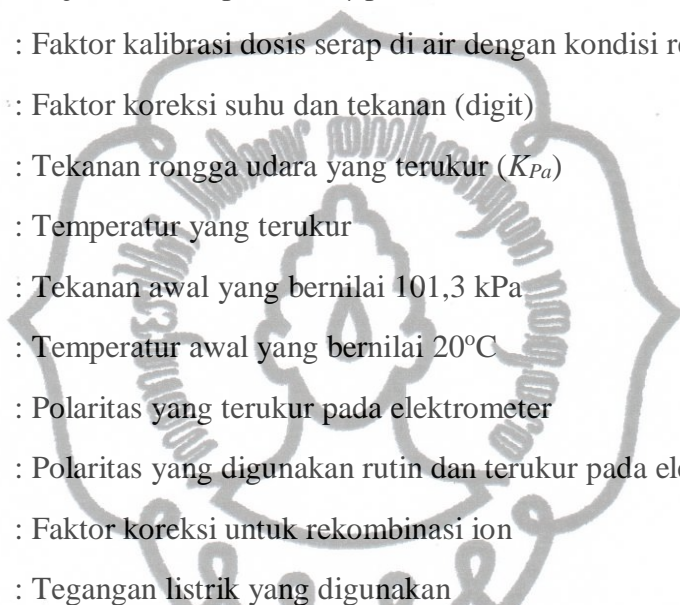


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema Peluruhan Sumber Radioaktif ^{60}Co	9
Gambar 2.2. Gambar Pesawat Radioterapi ^{60}Co	12
Gambar 2.3. Penetrasi Gamma pada Pasien	18
Gambar 2.4. Distribusi Isodosis dengan Posisi Tegak Lurus Terhadap Titik Pusat Sumber	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 4.1. Laju Dosis pada Pusat Penyinaran.....	30
Gambar 4.2. Kurva PDD Hasil Penelitian	31
Gambar 4.3 Kurva PDD	32
Gambar 4.4. Kurva Isodosis dengan Kedalaman (a.) 6 cm, (b.) 6,5 cm, (c.) 7 cm, (d.) 7,5 cm, (e.) 8 cm.....	34
Gambar 4.5. Luas Umbra Pada Variasi Kedalaman.....	35
Gambar 4.6. Rata-rata Laju Dosis pada Penumbra.....	39

DAFTAR SIMBOL

γ	: Gamma
n	: Neutron
β	: Beta
X	: Paparan
dQ	: Jumlah muatan pasangan ion yang terbentuk di udara
D	: Dosis serap
dE	: Energi rata-rata yang diserap oleh medium,
dm	: Massa bahan
\dot{D}	: Laju dosis serap
dD	: besar dosis serap
dt	: Waktu
D_s	: Dosis permukaan
Z_{max}	: Dosis maksimum pada kedalaman tertentu
D_{ex}	: Dosis pada saat keluar dari tubuh pasien
$D(x_i y_i)$: Distribusi dosis radiasi permukaan pada bidang xy
$D(x_i)$: Persentase dosis radiasi pada profil dosis <i>crossline</i> pada titik i
$D(y_i)$: Persentase dosis radiasi pada profil dosis <i>inline</i> pada titik i
$D(x_{cax})$: Persentase dosis radiasi pada pusat penyinaran profil dosis <i>crossline</i>
$D(x_{cay})$: Persentase dosis radiasi pada pusat penyinaran profil dosis <i>inline</i>
$D(D(x_i y_i), z)$: Distribusi dosis radiasi pada permukaan
$PDD(Z)$: Persentase dosis radiasi pada kedalaman tertentu.
D_{max}	: Dosis maksimum pada kedalaman tertentu
D_Q	: Dosis pada titik Q dikedalaman z pada sumbu pusat
\dot{D}_Q	: Laju dosis pada titik Q dikedalaman z pada sumbu pusat
D_P	: Dosis di titik P di Z_{max} di titik pusat penyinaran



\dot{D}_P	: Laju dosis di titik P di Z_{max} di titik pusat penyinaran
SP	: Penumbra pada permukaan tiap kedalaman
$D_{20\%}$: 20 % daerah di permukaan kurva isodosis
$D_{80\%}$: 80 % daerah di permukaan kurva isodosis
Z_{ref}	: Kedalaman referensi
D_w	: Laju dosis serap radiasi- γ pada kedalaman referensi di dalam air
N_{dw}	: Faktor kalibrasi dosis serap di air dengan kondisi referensi
K_{TP}	: Faktor koreksi suhu dan tekanan (digit)
P	: Tekanan rongga udara yang terukur (K_{Pa})
T	: Temperatur yang terukur
P_o	: Tekanan awal yang bernilai 101,3 kPa
T_o	: Temperatur awal yang bernilai 20°C
M_+ dan M_-	: Polaritas yang terukur pada elektrometer
M	: Polaritas yang digunakan rutin dan terukur pada elektrometer
K_s	: Faktor koreksi untuk rekombinasi ion
V_1 dan V_2	: Tegangan listrik yang digunakan

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Penelitian Sabrina (2020).....	45
Lampiran 2. <i>Worksheet</i> penentuan dosis serap di air pada radiasi γ dari ^{60}Co .	46

