

Skripsi Fisika

**HUBUNGAN ANTARA DOSIS RADIASI GAMMA (γ) DENGAN
KONSENTRASI GAS RADON (^{222}Rn) DI DAERAH MAMUJU,
SULAWESI BARAT**

Oleh :

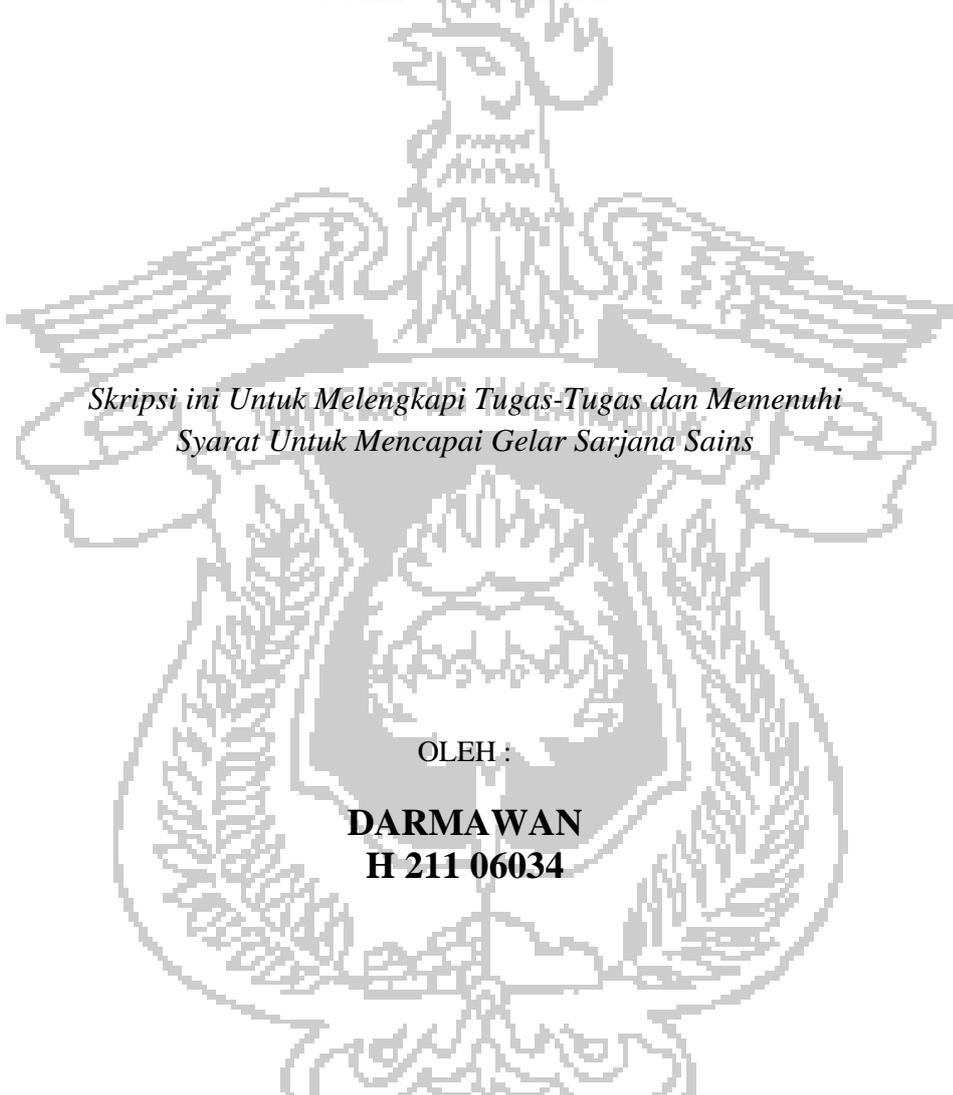
DARMAWAN

H 211 06 034



Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar
2012

**HUBUNGAN ANTARA DOSIS RADIASI GAMMA (γ) DENGAN
KONSENTRASI GAS RADON (^{222}Rn) DI DAERAH MAMUJU,
SULAWESI BARAT**



*Skripsi ini Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi
Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Sains*

OLEH :

**DARMAWAN
H 211 06034**

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, yang senantiasa mencurahkan rahmat dan hidayahnya atas memberikan kesempatan dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**Hubungan antara Dosis Radiasi Gamma dengan Konsentrasi Gas Radon di daerah Mamuju, Sulawesi Barat**”. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih yang tak terhingga saya berikan kepada kedua orang tua saya, atas segala cinta, kasih sayang, pengorbanan, serta doa buat Anandanya sehingga Allah SWT membukakan jalan yang terbaik untuk hambanya. Buat keluarga besarku dan teruntuk Manusia yang di ciptakan oleh-NYA yang dapat membuat penulis termotivasi dan memancarkan aura positif untuk keberadaannya pada ranah pemikiran (N_R F_K_H RMD = karakter jiwa seorang Manusia)

Melalui kesempatan ini pula, penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Tasrief Surungan, M. Sc selaku pembimbing utama, Bapak Prof. Dr. Syamsir Dewang, M. Sc selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr. Dadong Iskandar (Pembimbing di PTKMR-BATAN serta seluruh staf

PTKMR-BATAN) yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat serta motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

2. Bapak Dr. Dahlang Tahir. Phd, Ibu Dr. Sri Suryani, DEA dan Ibu Sri Dewi Astuty, S.Si, M. Si. sebagai tim penguji pada saat melaksanakan seminar hasil dan ujian sidang Skripsi Fisika.
3. Bapak Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Fisika, serta seluruh staf dosen pengajar dan pegawai Jurusan Fisika FMIPA UNHAS yang telah memberikan bimbingan serta ilmu selama penulis menjalani studi hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Syamsir Dewang, M. Eng, Sc selaku Penasehat Akademik yang banyak memberikan nasehat selama penulis menempuh studi.
5. Saudara-saudaraku tercinta Fisika 2006 dan Mipa 2006. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini, kalian adalah yang terbaik.
6. Teman-teman para pencari jati diri di Kelompok Pencinta Alam (OMEGA HIMAFI FMIPA UNHAS),
7. Kanda-Kanda Alumni yang senantiasa meluangkan waktunya kepada kami semua, dan
8. Fungsionaris Lembaga beserta warga KM FMIPA UNHAS dan warga HIMAFI FMIPA UNHAS (Dan disinilah perubahan dan pembangunan jiwa social kita sebagai seorang Manusia dibangun).

Serta kepada semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan namanya satu persatu, atas segala perhatian dan bantuannya selama ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan terutama bagi penulis. Amin Yaa Rabbal Alamin.

Makassar, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	ii
Lembar Pegesahan.....	iii
Sari Bacaan.....	iv
Abstract.....	v
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I. 1 Latar Belakang.....	1
I. 2 Tujuan Penelitian.....	3
I. 3 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II. 1 Radionuklida Alam.....	4
II. 2 Karakteristik Peluruhan Uranium.....	5
II. 3 Metode Pengukuran Radionuklida.....	7
II. 3. 1 Analisis Pengaktifan Neutron (APN).....	7
II. 3. 2 Metode Jejak Nuklir dengan Detektor CR-39.....	7
II. 3. 3 Metode Radiasi Alpha dengan Detektor ZnS (Ag)	8

II. 3. 4 Metode Spektrometri- γ dengan Detektor HPGe...	9
II. 4 Peluruhan Gamma.....	10
II. 4. 1 Absorpsi Sinar Gamma Oleh Bahan.....	10
II. 4. 2 Interaksi Sinar Gamma dengan Materi.....	11
II. 4. 3 Efek Fotolistrik.....	12
II. 4. 4 Efek Compton.....	13
II. 4. 5 Produksi Pasangan.....	14
II. 5. Radon.....	15
II. 5. 1 Radon di Lingkungan.....	15
II. 5. 2 Radon di Dalam Ruangan.....	17
II. 5. 3 Perpindahan Radon dari Lingkungan ke Dalam Ruangan	17
II. 5. 4 Konsentrasi Radon.....	19
II. 5. 5 Batas Terendah Deteksi detektor.....	19
II. 5. 6 Lama Pemasangan Dosimetri.....	19
II. 5. 7 Kalibrasi Dosimeter Radon Pasif.....	20
II. 6 Regresi Linear Sederhana.....	20
II. 6. 1 Analisis Regresi Linear Sederhana.....	22
II. 6. 2 Jumlah Kuadrat.....	23
II. 6. 3 Deviasi Standar Galat.....	25
II. 6. 4 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi..	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
III. 1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	27
III. 2 Alat dan Bahan,.....	27
III. 2. 1 Alat.....	27
III. 2. 1. 1 Pengukuran Radiasi Gamma.....	27
III. 2. 1. 2 Pengukuran Gas Radon.....	27
III. 2. 2 Bahan.....	28
III. 3 Sistematika Penelitian.....	28
III. 3. 1 Pengambilan Data.....	28
III. 3. 1. 1 Cara pengambilan data radiasi gamma	28
III. 3. 1. 2 Cara pengambilan data gas radon.....	29
III. 3. 2 Analisis Data.....	30
III. 4 Skema Penelitian.....	30
III. 4. 1 Skema Pengukuran Gamma.....	30
III. 4. 2 Skema Pengukuran Radon,.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
IV. 1 Data konsentrasi radon (^{222}Rn).....	32
IV. 2 Data dosis radiasi gamma (γ).....	32
IV. 3 Hubungan statistik antara dosis gamma dengan gas radon	32
IV. 3. 1 Nilai regresi.....	33
IV. 3. 2 Nilai koefisien korelasi.....	34

IV. 3. 3 Nilai koefisien determinasi.....	35
IV. 4 Konsentrasi gas radon (^{222}Rn) pada kondisi bangunan...	35
IV. 5 Ambang batas dosis gas radon (^{222}Rn) dan radiasi gamma	37
IV. 5. 1 Ambang batas gas radon (^{222}Rn) dalam ruangan	38
IV. 5. 2 Ambang batas dosis gamma (γ).....	39
BAB V PENUTUP.....	42
V. 1 Kesimpulan.....	42
V. 2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

TABEL I.1. : Deret Peluruhan U-238.....	2
TABEL II.1. : Isotop Uranium Alam.....	5
TABEL II.2. : Deret Peluruhan Uranium U-238.....	6
TABEL II.3. : Sumber-sumber gas Radon yang terlepas ke udara bebas..	17

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR I.1 : Peta Dosis Radiasi Gamma lingkungan pada tahun 2007	2
GAMBAR II.1 : Proses masuknya Radon di dalam Ruangan.....	18
GAMBAR II.3 : Kurva regresi dengan korelasi (a) positif dan (b) negative	26
GAMBAR IV.1 : Kurva hasil regresi antara dosis gamma dengan radon	34
GAMBAR IV.2:Diagram balok rerata konsentrasi radon bahan bangunan	37
GAMBAR IV.3 : Kurva pola sebaran gas Radon.....	38
GAMBAR IV.4 : Pola sebaran radiasi gamma.....	40
GAMBAR IV.5 : Peta laju dosis radiasi gamma di lingkungan tahun 2007	41

ABSTRAK

Telah dilakukan Penelitian mengenai hubungan (*korelasi*) antara laju dosis radiasi gamma (Υ) dengan konsentrasi gas radon (^{222}Rn) di daerah Mamuju, pada kecamatan, yaitu Topoyo, Karossa, Budong-Budong, Polopangale, Sampaga, Kalukku, dan Tapalang. Pada penelitian ini, dosis radiasi gamma diukur dengan menggunakan alat surveymeter lingkungan yaitu exploranium sedangkan konsentrasi gas radon (^{222}Rn) ditentukan melalui metode jejak nuklir. Penelitian ini dilakukan selama sepuluh bulan. Hasil Studi menunjukkan bahwa hubungan antara laju dosis radiasi gamma dengan konsentrasi radon di daerah tersebut sangat lemah. Data statistik menunjukkan bahwa 6,7 % konsentrasi radon dipengaruhi oleh laju dosis radiasi gamma (Υ), sedangkan selebihnya dipengaruhi oleh bahan bangunan, jenis dan kondisi bangunan.

Kata Kunci : Korelasi, Statistik, Gas Radon, Radiasi dan Gamma.

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Radiasi alam berasal dari radionuklida alam yang merupakan sumber pemancar radiasi sinar- α , sinar- β , dan sinar- γ . Berdasarkan asalnya, sumber radiasi alam dikelompokkan sebagai radionuklida primordial atau teresterial dan radionuklida kosmogenik. Radionuklida primordial terdiri atas dua kelompok, yaitu radionuklida alam yang tidak membentuk deret seperti ^{40}K , ^{87}Rb , dan ^{204}Pb , dan yang membentuk deret seperti deret uranium (^{238}U), deret aktinium (^{235}U), dan deret thorium (^{232}Th). Radionuklida Kosmogenik diantaranya adalah ^{22}Na , ^7Be , ^{14}C , dan radionuklida ini ada dalam hampir semua materi seperti kerak Bumi, bebatuan, lapisan tanah, air, bahan bangunan, bahan makanan, dan tubuh manusia dengan kadar yang berbeda-beda. Sumber radiasi alam yang terdapat di dalam tanah dan batuan tergantung pada kondisi geologis tiap daerah.

Pada radionuklida primordial yang membentuk deret, seperti Uranium-238 (merupakan Isotop alami, selain ^{234}U dan ^{235}U) sering ditemukan di lingkungan. ^{238}U mengalami peluruhan radioaktif dengan memancarkan partikel alpha yang disertai dengan radiasi gamma. Isotop dominan seperti ^{238}U membentuk rantai peluruhan yang panjang, dimana dalam proses peluruhannya menghasilkan gas ^{222}Rn dan akan terus berlangsung sampai mencapai kestabilan, yaitu sampai hasil peluruhan tidak lagi bersifat radioaktif. Deret peluruhan ^{238}U dapat dilihat pada tabel I.1 di bawah ini :

Tabel I.1. Deret peluruhan ^{238}U

Deret	Nuklida	Nama Historis	Waktu Paro	Radiasi
Uranium	^{238}U	Uranium I	$4,51 \times 10^9 \text{ y}$	α
	^{224}Th	Uranium X ₁	24,1 d	$\beta . \gamma$
	^{204}Pa	Uranium X ₂	1,17 min	$\beta . \gamma$
	^{204}Pa	Uranium Z	6,75 h	$\beta . \gamma$
	^{234}U	Uranium II	$24,7 \times 10^5 \text{ y}$	$\alpha . \gamma$
	^{200}Tr	Ionium	$8 \times 10^4 \text{ y}$	$\alpha . \gamma$
	^{226}Ra	Radium	1602 y	$\alpha . \gamma$
	^{222}Rn	Emanation Radon (Rn)	3.823 d	$\alpha . \gamma$
	^{218}Po	Radium A	3,05 min	$\alpha . \beta$
	^{214}Pb	Radium B	26,8 min	$\beta . \gamma$
	^{215}At	Astatine	~2 s	α
	^{214}Bi	Radium C	19,7 min	$\alpha . \beta . \gamma$
	^{214}Po	Radium C'	164 $\mu \text{ s}$	$\alpha . \gamma$
	^{215}Ti	Radium C''	1,3 min	$\beta . \gamma$
	^{210}Pb	Radium D	21 y	$\beta . \gamma$
	^{210}Bi	Radium E	5,01 d	β
	^{210}Po	Radium F	138,4 d	α
^{210}Ti	Radium E''	4,19 min	β	
^{206}Pb	Radium G	Stable		

Seperti dijelaskan dalam tabel I.1, proses peluruhan ^{238}U menghasilkan gas radon (^{222}Rn) yang memancarkan radiasi alpha dan gamma. Berdasarkan laju dosis radiasi gamma di Indonesia, rerata pengukuran laju dosis daerah Mamuju, sangat tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh gambar I.1 (sesuai hasil pengukuran laju dosis radiasi gamma oleh BATAN pada tahun 2007).



Gambar I.1. Peta Laju Dosis Radiasi Gamma Lingkungan pada Tahun 2007

Dalam Tabel I.1 ditunjukkan bahwa pada peluruhan ^{238}U , terdapat gas radon (^{222}Rn) yang memancarkan radiasi gamma. Maka, dapat ditarik kesimpulan bahwa kedua hal tersebut di atas dapat ditunjukkan korelasinya. Dengan menggunakan metode statistik yaitu regresi linear sederhana, dapat membantu untuk menunjukkan korelasi keduanya.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui laju paparan radiasi gamma (γ) di Mamuju, Sulawesi barat
2. Mengetahui laju konsentrasi ^{222}Rn di Mamuju, Sulawesi Barat,
3. Menganalisis Korelasi antara laju paparan radiasi gamma (γ) dengan konsentrasi radon di Mamuju, Sulawesi Barat.

I.3. Ruang Lingkup

Penelitian ini akan menunjukkan korelasi (hubungan) antara hasil dari pengukuran laju dosis radiasi gamma dengan hasil pembacaan jejak gas radon/perhitungan konsentrasi gas radon yang dilakukan di daerah Mamuju, Sulawesi Barat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Radionuklida Alam

Radionuklida alam yang terdapat di lingkungan dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu (I) Radionuklida Kosmogenik, dan (II) Radionuklida Primordial.

Radionuklida kosmogenik adalah radionuklida yang terbentuk akibat interaksi anatar sinar kosmik dengan atom target yang terdapat di atmosfer. Yang termasuk dalam golongan ini antara lain : ^7Be , ^{22}Na , dan ^{24}Na .^[6]

Radionuklida primordial adalah radionuklida yang terbentuk dalam kerak bumi sejak lama. Radionuklida ini dikelompokkan dalam empat deret peluruhan, sebagai berikut :^[17]

- 1) Deret torium, mempunyai nomor massa kelipatan $4n$ (n =valensi). Induk dari deret ini adalah ^{232}Th yang terus meluruh hingga menjadi isotop stabil ^{208}Pb ,
- 2) Deret neptunium, mempunyai nomor massa $4n + 1$. Deret neptunium telah habis meluruh sehingga tidak dapat lagi dijumpai,
- 3) Deret uranium, mempunyai nomor massa kelipatan $4n+2$. Induk dari deret ini adalah ^{238}U dan terus meluruh sampai menjadi isotop stabil ^{206}Pb ,
- 4) Deret actinium, mempunyai nomor massa kelipatan $4n+3$. Induk dari deret ini adalah ^{235}U dan terus meluruh menjadi isotop stabil ^{207}Pb . Deret ini sudah jarang dijumpai karena sebagian besar telah meluruh.

II.2 Karakteristik Peluruhan Uranium

Uranium alam terdiri atas tiga isotop semuanya bersifat radioaktif, yaitu ^{238}U , ^{235}U , dan ^{234}U . ^{238}U dan ^{235}U masing-masing merupakan induk dari deret peluruhan, sedangkan ^{234}U adalah sebagai anak luruh dalam deret peluruhan ^{238}U seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel II.1. Isotop Uranium alam

Isotop	Persentase	Proton	Neutron	Umur paro ($T_{1/2}$)
^{238}U	99,284	92	146	$4,468 \times 10^9$ tahun
^{235}U	0,711	92	143	$703,8 \times 10^6$ tahun
^{234}U	0,0055	92	142	244.500 tahun

Tabel II.2. Deret Peluruhan ^{238}U

Deret	Nuklida	Nama Historis	Wakru Paro	Radiasi
Uranium	^{238}U	Uranium 1	$4,51 \times 10^9 \text{ y}$	α
	^{224}Th	Uranium X ₁	24,1 d	$\beta . \gamma$
	^{204}Pa	Uranium X ₂	1,17 min	$\beta . \gamma$
	^{204}Pa	Uranium Z	6,75 h	$\beta . \gamma$
	^{234}U	Uranium II	$24,7 \times 10^5 \text{ y}$	$\alpha . \gamma$
	^{200}Tr	Ionium	$8 \times 10^4 \text{ y}$	$\alpha . \gamma$
	^{226}Ra	Radium	1602 y	$\alpha . \gamma$
	^{222}Rn	Emanation Radon (Rn)	3.823 d	$\alpha . \gamma$
	^{218}Po	Radium A	3,05 min	$\alpha . \beta$
	^{214}Pb	Radium B	26,8 min	$\beta . \gamma$
	^{215}At	Astatine	~2 s	α
	^{214}Bi	Radium C	19,7 min	$\alpha . \beta . \gamma$
	^{214}Po	Radium C'	164 $\mu \text{ s}$	$\alpha . \gamma$
	^{215}Ti	Radium C''	1,3 min	$\beta . \gamma$
	^{210}Pb	Radium D	21 y	$\beta . \gamma$
	^{210}Bi	Radium E	5,01 d	β
	^{210}Po	Radium F	138,4 d	α
	^{210}Ti	Radium E''	4,19 min	β
^{206}Pb	Radium G	Stable		

Radionuklida anak yang dihasilkan dari peluruhan induk melalui proses pelepasan partikel alfa atau beta sering berada dalam kondisi tereksitasi. Selanjutnya kelebihan energi pada tingkat tereksitasi akan dilepaskan dalam bentuk radiasi gamma. Umumnya radiasi gamma diemisikan dalam waktu 10^{-12} detik setelah partikel alfa atau beta. Tetapi, dalam beberapa kasus peluruhan, pelepasan radiasi gamma agak terlambat sehingga terlebih dahulu nuklida anak berbentuk metastabil. Dalam deret ^{238}U dan ^{235}U , beberapa peluruhan disertai dengan emisi radiasi gamma.^[13]

II.3 Metode Pengukuran Radionuklida

Ada beberapa metode yang digunakan untuk pengukuran radionuklida dalam sampel. Metode tersebut antara lain Analisis Pengaktifan Neutron (APN), Jejak Nuklir, Spektrometri alpha dengan Detektor ZnS (Ag) dan Spektrometri gamma *in-situ* dengan detektor germanium kemurnian tinggi (HPGe). Metode-metode tersebut dijelaskan sebagai berikut :

II.3.1 Analisis Pengaktifan Neutron (APN)

Dalam APN, cuplikan yang akan dianalisis diiradiasi dengan menggunakan suatu sumber neutron, dan ini merupakan prinsip dasar dari APN. Inti atom unsur-unsur yang berada dalam cuplikan tersebut akan menangkap neutron dan berubah menjadi radioaktif. Selanjutnya, setelah paparan radiasi neutron dianggap cukup, cuplikan dikeluarkan dari sumber neutron. Cuplikan tersebut sekarang mengandung unsur-unsur yang memancarkan sinar-sinar radioaktif. Sinar gamma yang dipancarkan oleh berbagai unsur dalam cuplikan dapat dianalisis dengan menggunakan spektrometri gamma. Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan penentuan tenaga sinar gamma, sedang analisis kuantitatif dilakukan melalui penentuan intensitasnya.^[17]

II.3.2 Jejak Nuklir dengan Detektor CR-39

Detektor jejak nuklir CR-39 adalah detektor yang mempunyai kepekaan tinggi terhadap radiasi pengion dan sangat cocok dipakai sebagai dosimeter radiasi alpha, radiasi gamma dan neutron. Pembentukan jejak partikel alpha pada detektor CR-39 sebagian besar disebabkan oleh interaksi atom-atom di dalam zat padat

yang menyebabkan proses ionisasi dan eksitasi yang menghasilkan jejak nuklir laten. Selain itu, ada kemungkinan terjadi interaksi dengan inti, akan tetapi pengaruhnya sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

Pada saat melewati bahan partikel ini akan memberikan sebagian energinya ke elektron-elektron dari atom bahan detektor. Energi digunakan untuk menaikkan elektron ke kulit yang lebih luar atau menyebabkan ionisasi primer, lalu membentuk pasangan-pasangan ion yang terdiri atas elektron bebas dan ion positif. Pasangan ion ini cenderung menempati kulit semula (de-eksitasi) dan bergabung kembali membentuk atom netral (de-ionisasi). Pada lintasan partikel alpha akan terjadi proses ionisasi primer, sedangkan proses ionisasi sekunder pada jarak radial dari jejak akan membentuk lebar (diameter) dan kedalaman jejak. Kerusakan yang diakibatkan oleh proses ionisasi dan eksitasi baik primer maupun sekunder pada detektor CR-39 menimbulkan jejak laten yang belum dapat diamati secara visual. Sebab itu, dilakukan proses etsa untuk perolehan jejak yang dapat diamati dengan mikroskop optik.^[16]

II.3.3 Radiasi Alpha dengan Detektor ZnS(Ag)

Partikel alpha identik dengan inti helium (${}^4_2\text{He}$). Radiasi alpha biasanya dipancarkan dari bahan radioaktif alamiah dengan tenaga sekitar 3-10 MeV dan mempunyai nomor atom lebih besar dari 82, kecuali ${}^{147}_{62}\text{Sm}$. Peluruhan alpha terutama dipancarkan oleh inti yang memiliki nomor atom tinggi seperti Th, Am, dan Pu.

Detektor yang digunakan pada spektrometri alpha adalah detektor sintilasi dengan menggunakan bahan ZnS(Ag). Bahan ini memancarkan cahaya bila dilewati

radiasi. Peristiwa pemancaran cahaya tersebut disebut sintilasi dan bahannya disebut sintilator. Detektor sintilasi terdiri dari sintilator dan tabung pengganda elektron (*Photo Multiplier Tube/PMT*).^[10]

ZnS(Ag) merupakan jenis sintilator anorganik berupa sulfida seng yang berbentuk bubuk seng kristalin, dengan aktivator perak digunakan sebagai sintilator untuk mendeteksi partikel bermuatan alpha. Bagian-bagian lain dari detektor ZnS(Ag) terdiri dari sumber tegangan tinggi (HV), penguat awal, penguat utama, SCA (Single Channel Analyzer) dan pencacah.^[8]

II.3.4 Spektrometri- γ dengan Detektor HPGe

Pengukuran uranium menggunakan metode spektrometri gamma in-situ telah dilakukan oleh Uyyttenhove et al (2002) pada sampel tanah di Kosova. Dalam melakukan pengukuran, digunakan Spektrometri Gamma resolusi tinggi (*relatif*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa limit deteksi uranium dari spektrometer gamma adalah 20 Bq untuk 11 jam waktu pengukuran dan 15 Bq untuk 18 jam waktu pengukuran dengan variasi kapasitas sampel antara 100-150 gram.^[9]

Keunggulan metode spektrometri gamma in-situ yang menggunakan detektor HPGe daya responsnya sangat tinggi sehingga dengan cepat dapat menentukan tingkat radiasi dan radionuklida di lingkungan (tanah dan air) seperti paparan radiasi kosmik, paparan radiasi gamma, radionuklida alam, radionuklida jatuhan dan kontaminasi dari instalasi nuklir. Keunggulan lain adalah untuk sekali pengukuran dengan jarak detektor ~ 1 m dari permukaan tanah, daerah yang tercakup secara representative seluas 100 m^2 .^[5]

Berdasarkan bentuk fisiknya spektrometer gamma dapat dibedakan atas dua macam yaitu spektrometer gamma terpasang tetap (*non portable*) dan spektrometer gamma tak tetap (*portable*).^[11]

Dalam spektrometer gamma jenis non-portable, komponen-komponen seperti detektor, sistem penguat pulsa, tegangan tinggi, sistem pengolah pulsa dan penyimpan data dirangkai secara terpisah satu sama lain. Adapun pada spektrometer gamma *portable* semua komponen kecuali detektor sudah tersusun secara kompak berupa satu kesatuan sehingga dapat digunakan untuk pengukuran secara in-situ dan biasa disebut spektrometer gamma in-situ.^[11]

II.4 Peluruhan Gamma

Sinar gamma merupakan radiasi gelombang elektromagnetik, serupa dengan sinar-X tetapi sinar gamma memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan sinar-X. Sinar gamma berhubungan dengan transisi level energi nuklir. Sinar gamma menyertai perubahan radioaktif inti yaitu pada proses peluruhan partikel alpha atau peluruhan partikel beta.^[3]

II.4.1 Absorpsi Sinar Gamma Oleh Bahan

Jika berkas sinar gamma homogeny melintas melalui keping tipis bahan maka intensitas radiasinya akan berkurang secara eksponensial. Ketika berkas sinar gamma dengan intensitas menumpuk keping yang tebalnya Δx , perubahan intensitas berkas saat melewati keping tersebut sebanding dengan ketebalan dan intensitas berkas datangnya.^[3]

$$\Delta I = -\mu I \Delta x \quad (\text{II.1})$$

Dimana μ adalah koefisien absorbs, ΔI adalah perubahan intensitas, I adalah intensitas berkas, dan Δx adalah tebal keping bahan.

Jika masing-masing foton sinar gamma memiliki energi yang sama, maka μ tidak tergantung pada x . Dengan mengintegrasikan persamaan (II.1) diperoleh :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (\text{II.2})$$

Persamaan (II.2) memberikan informasi mengenai intensitas radiasi setelah intensitas awal I_0 melewati ketebalan bahan yang diberikan. Intensitas sendiri dapat dituliskan :

$$I = B h f \quad (\text{II.3})$$

Dimana, B adalah fluks foton radiasi gamma, h adalah konstanta planck, dan f adalah frekuensi sinar gamma

Persamaan-persamaan di atas, hanya berlaku jika :

1. sinar gamma bersifat monoenergetik, contoh : berkas homogen
2. berkas collimated dan small solid angle
3. penyerap tidak stabil.

II.4.2 Interaksi Sinar Gamma dengan Materi

Sinar gamma adalah jenis radiasi elektromagnetik dengan c (kecepatan cahaya), tidak memiliki massa dan tidak bermuatan listrik. Sinar gamma timbul dari inti atom yang tidak stabil. Karena inti atom hanya berada dalam tingkat energi tertentu, sinar gamma dari radionuklida tertentu dipancarkan dengan energi

khusus yang terpilah (*discrete*), disebut foton. Foton biasanya dipancarkan untuk menstabilkan energi inti atom sesudah pemancaran energi alpha atau beta.^[7]

Foton seringkali mempunyai energi tunggal (monoenergetik), atau terbagi dalam beberapa energi terpilah. Sinar gamma memiliki energi antara 0,1 MeV hingga 10 MeV, dengan panjang gelombang antara $1,24 \times 10^{-2}$ A hingga 1,24 A (A = Angstrom).

Energi sinar gamma dapat ditulis dengan relasi sebagai berikut :

$$E = h \cdot \nu \quad (\text{II.4})$$

Dimana, E adalah energi gamma (J), h adalah konstanta planck (J.s), dan ν adalah frekuensi sinar gamma (S^{-1})

Panjang gelombang sinar gamma dapat ditulis :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (\text{II.5})$$

dimana, λ adalah panjang gelombang (m) dan c adalah kecepatan cahaya ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Terdapat 3 interaksi penting dalam interaksi antara sinar gamma dengan materi. Interaksi tersebut adalah efek fotolistrik, efek hamburan Compton, dan produksi pasangan. Ketiganya dijelaskan di bawah ini ^[1]

II.4.3 Efek Fotolistrik

Dalam proses ini seluruh energi foton datang diserap oleh elektron pada kulit atom. Bila Energi yang diserap melebihi tenaga ikat elektron yang bersangkutan, maka elektron akan keluar dari salah satu orbitnya dan dinamakan foton elektron.

Kekosongan elektron-elektron di dalam kulit atom akan diisi kembali dengan masuknya elektron dari luar, yang biasanya disertai pancaran karakteristik.

Pengisian elektron tidak selalu disertai oleh pancaran karakteristik, tetapi ada juga yang disertai oleh meloncatnya elektron dari kulit lain. Sebagai contoh, pada proses keluarnya elektron kulit K, masuknya tidak disertai pancaran karakteristik tetapi energi yang sesuai dengan pancaran karakteristik tersebut diserap oleh elektron kulit L, sehingga elektron tersebut dapat keluar dari orbitnya dan kelebihan energi diubah menjadi energi kinetik elektron. Proses ini disebut efek Auger.

Energi elektron dari proses foto listrik dapat dituliskan sebagai berikut : ^[1]

$$E_k = h\nu - E_b \quad (\text{II.6})$$

dimana , E_k adalah energi kinetik elektron (J), $h\nu$ adalah energi foton datang (J), dan E_b adalah energi ikat elektron (J)

Proses fotolistrik ini dominan terjadi pada atom penyerap atau material yang memiliki nomor atom (Z) tinggi dan energi foton rendah.^[1]

II.4.4 efek Compton

Pada efek Compton, foton yang datang memberikan sebagian energinya pada elektron atom penyerapnya. Foton yang muncul memiliki energi lebih rendah. Hamburan Compton akan dominan terjadi pada foton dengan energi antara 0,51 MeV hingga 1,02 MeV. Walaupun demikian hamburan Compton dapat pula terjadi pada unsur dengan nomor atom Z rendah dengan energi foton lebih kecil dari 0,51 MeV atau lebih besar dari 1,02 MeV. Dalam tumbukan foton, dipandang sebagai partikel yang kehilangan energi, yang besarnya sama dengan energi

kinetik yang diterima elektron. Bila frekuensi sebelum dan setelah tumbukan masing-masing adalah ν dan ν' , maka diperoleh hubungan sebagai berikut :^[1]

Sehingga dapat ditulis menjadi :

$$h\nu - h\nu' = E_k \quad (\text{II.7})$$

Momentum tak bermassa berkaitan dengan energi :

$$E = p \cdot c \quad (\text{II.8})$$

dimana, p adalah momentum foton ($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) dan c adalah kecepatan cahaya ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

II.4.5 Produksi Pasangan

Proses ini terjadi jika foton mendekati inti dan mendapat pengaruh yang besar dari medan inti. Terdapat kemungkinan foton menghilang dan berubah menjadi pasangan elektron-positron.

Oleh karena, energi diam elektron dan positron adalah 0,51 MeV, maka energi minimum foton datang yang memungkinkan terjadinya produksi pasangan adalah 1,02 MeV. Kelebihan energi akan dibagi dua sebagai energi kinetik elektron dan positron.^[1]

Relasi yang menyatakan energi foton datang dan energi kinetik elektron dan positron dapat ditulis :^[1]

$$h\nu = (E_{k-} + m_0c^2) + (E_{k+} + m_0c^2) \quad (\text{II.9})$$

dimana, $h\nu$ adalah energi foton datang, m_0c^2 adalah energi diam elektron/positron, E_{k-} adalah energi kinetik elektron dan E_{k+} adalah energi kinetik positron.

II.5 Radon

Gas radon memiliki tiga isotop yaitu radon (^{222}Rn) dengan waktu paruh 3,824 hari yang merupakan hasil peluruhan ^{238}U dalam deret uranium, Thoron (^{220}Rn) dengan waktu paruh 51,5 detik dan merupakan hasil peluruhan ^{232}Th dalam deret thorium, dan Aktinon (^{219}Rn) dengan waktu paruh 3,92 detik dan merupakan hasil peluruhan ^{235}U dalam deret aktinium.^[4]

Dari ketiga isotop gas radon di atas, gas radon (^{222}Rn) yang paling dipentingkan karena selain mempunyai paruhnya paling lama, juga unsur induknya yaitu ^{238}U . Terdapat kira-kira 100 kali lebih banyak daripada induk thoron dan aktinon. Isotop thoron dan aktinon sudah meluruh sebelum sampai ke permukaan bumi. Itu sebabnya hanya gas radon yang banyak terdapat di udara.

Gas radon (^{222}Rn) adalah hasil peluruhan langsung dari radium (^{226}Ra) melalui pelepasan partikel alpha yang berenergi 4,78 MeV. Pada suhu kamar, radon selalu berbentuk gas dan terlarut dalam udara. Di dalam udara, gas radon akan terus meluruh dan melepaskan partikel alpha, menghasilkan turunan yang juga bersifat radioaktif. Hasil peluruhan radon secara berurutan adalah polonium-218 (^{218}Po), timbal-214 (^{214}Pb), bismuth-214 (^{214}Bi), polonium-214 (^{214}Po), dan timbal-210 (^{210}Pb).^[4]

II.5.1 Radon di Lingkungan

Dari laporan NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurement*), diketahui bahwa lebih dari 80% gas radon yang dilepaskan ke atmosfer berasal dari lapisan tanah bagian atas. Secara umum besarnya konsentrasi

gas radon di lingkungan dipengaruhi oleh situasi, kondisi dan jenis batuan yang terdapat pada lapisan tanah tersebut. ^[4]

Konsentrasi radon pada lapisan tanah bagian atas adalah 10-170 Bq/kg sedangkan pada lapisan tanah bagian bawah adalah 15-3560 Bq/kg. Pada lapisan tersebut terdapat batuan-batuan yang berumur tua atau lebih dari 600 juta tahun yang mengandung uranium dengan konsentrasi yang relatif tinggi, seperti batuan granit, andesit, basal, dunit, diorit dan lain sebagainya. Konsentrasi gas radon rata-rata untuk batuan granit dan basalt masing-masing adalah 59,26 Bq/kg dan 11,11 Bq/kg. Sedangkan konsentrasi rata-rata gas radon secara keseluruhan masing-masing untuk batuan dan tanah pada lapisan kerak bumi adalah kira-kira 37,04 Bq/kg dan 25,93 Bq/kg. ^[4]

Selain itu, konsentrasi gas radon di lingkungan juga dipengaruhi oleh air tanah. Radon dapat larut dalam air pada suhu 0⁰ C dan tekanan 1 atm dengan konsentrasi larutan berkisar $2,7 \times 10^6$ Bq/kg air. Air tanah yang masuk melalui pori-pori batuan dan tanah yang mengandung radium dapat melarutkan gas radon. Jika air tanah tersebut sampai ke permukaan, radon yang terdapat pada air tanah tersebut akan menguap ke atmosfer. ^[4]

Lepasan gas radon dari sumber-sumber radon ke atmosfer yang berasal dari tanah, air, dan sebagainya dapat dilihat pada tabel II.2. ^[4]

Tabel II.2. Sumber-sumber gas Radon yang terlepas ke udara bebas.

Sumber Radon	Masukan ke Atmosfir (37×10^3 Bq/th)
Emanasi dari tanah	2000
Air tanah	500
Emanasi dari lautan	30
Residu Fosfat	3
Uranium sisa tambang	2
Batubara	0,02
Gas alam	0,01
Pembakaran sisa tambang	0,001

II.5.2 Radon di Dalam Ruangan

Sumber Radon di dalam ruangan dapat berasal dari bahan bangunan (80%), udara luar (10%), air (air tanah, air hujan, dan lain-lain, 5%), gas alam (4%) dan LPG (*Liquid Petroleum Gas*) (<1 %).^[4]

Konsentrasi gas radon di dalam ruangan sangat dipengaruhi oleh kondisi dan bentuk fisik bangunan serta bahan bangunan yang digunakan pada bangunan tersebut misalnya porositas bahan bangunan, suhu dan kelembaban ruangan, sirkulasi udara dan sebagainya. Konsentrasi radon pada ruangan yang menggunakan AC (*air conditioner*) dan ventilasi udara yang sangat kurang (sistem sirkulasi udara tertutup) akan relatif tinggi dibandingkan ruangan dengan sistem sirkulasi udara terbuka.^[4]

II.5.3 Perpindahan Radon dari Lingkungan ke Dalam Ruangan.

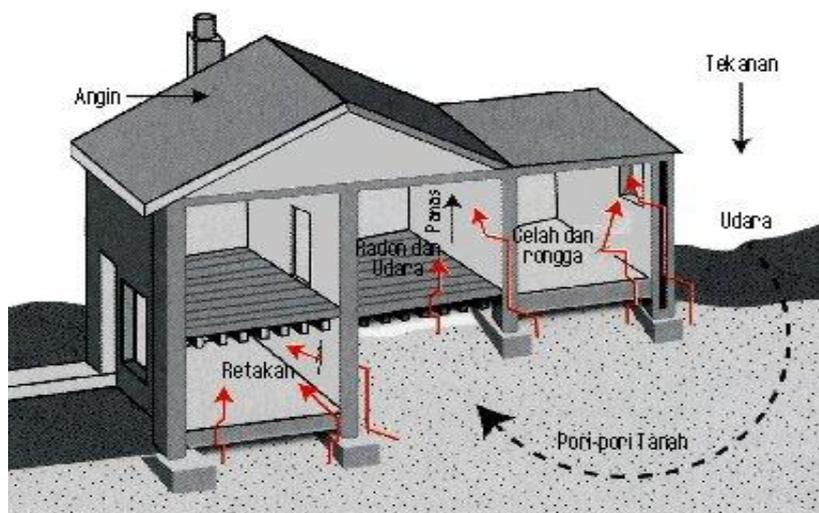
Bahan bangunan yang berasal dari perut bumi seperti semen, batu bata, , batako alam, gypsum alam, serta bahan bangunan yang berasal dari bahan-bahan sisa hasil pengolahan bahan tambang dan limbah hasil industri, misalnya fosfopgypsum

yang merupakan sisa hasil pengolahan fosfat, batu bata merah yang dibuat dari limbah pabrik penghasil alumina, dan sebagainya, pada dasarnya mengandung radium. Besarnya konsentrasi radium ini tergantung pada jenis bahan bangunan tersebut.^[4]

Radium yang terkandung dalam bahan bangunan ini akan meluruh menghasilkan gas radon (^{222}Rn). Gas radon yang terdapat di lingkungan (tanah) dan yang berasal dari bahan bangunan dapat memasuki ruangan melalui :^[4]

1. Aliran, yaitu apabila di dalam bahan bangunan tersebut mengandung air, uap air ini atau udara yang mengisi sela-sela porositas, sehingga dapat digunakan oleh radon sebagai medi untuk berpindah,
2. Difusi, yang disebabkan karena sifat mobilitas radon yang sangat besar dan beratom tunggal, sehingga radon dapat bergerak diantara sela-sela bagian dalam dari bahan bangunan untuk dapat mencapai atmosfer.

Gambar berikut menunjukkan proses masuknya radon di dalam ruangan.



Gambar II.1. Proses masuknya Radon di dalam ruangan

II.5.4 Konsentrasi Radon

Banyaknya partikel alpha pada detektor akan sebanding dengan konsentrasi radon yang ada di sekitarnya. Konsentrasi gas radon dapat di hitung dengan persamaan .^[15]

$$C = \frac{NT-NB}{E.t} (\text{Bq/m}^3) \quad (\text{II.10})$$

dimana, NT adalah jumlah jejak total (jejak/7,9 mm²), NB adalah jejak latar (jejak/7,9 mm²), C adalah konsentrasi (Bq/m³), E adalah kepekaan dosimetri (jejak 7,9 mm²/Bq.m⁻¹), dan t adalah lamanya waktu pemasangan (hari).

II.5.5 Batas Terendah Deteksi Detektor

Untuk mengetahui batas terendah deteksi dari dosimeter radon pasif, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :^[15]

$$\text{BTD} = \frac{4,66.NT^{1/2}}{E} \quad (\text{II.11})$$

dimana, BTD adalah batas terendah deteksi (Bq/m⁻³), NB adalah jumlah jejak latar (jejak/7,9 mm²) dan E adalah Kepekaan dosimeter (jejak 7,9 mm²/Bq.m⁻³)

II.5.6 Lama Pemasangan Dosimeter

Untuk menentukan berapa lama dosimeter tersebut harus dipasang, dapat dihitung dengan persamaan :^[15]

$$\text{WPM} = \frac{\text{BTD}}{C} \quad (\text{II.12})$$

dimana, WPM adalah waktu pemasangan minimum (hari), BTD adalah batas terendah deteksi (Bq/m³. h) dan C adalah konsentrasi Radon (Bq/m³)

II.5.7 Kalibrasi Dosimeter Radon pasif

Dengan mengetahui jumlah jejak dan konsentrasi masing-masing paparan, maka kepekaan dari dosimeter yang akan dipakai dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :^[14]

$$E = \frac{NT - NB}{C.t} \quad (\text{II.13})$$

dimana, E adalah kepekaan dosimeter (jejak/7,95 mm²/Bq.m⁻¹.hari), NT adalah jumlah jejak total (jejak/7,95 mm²), NB adalah jumlah jejak latar (jejak/7,95 mm²), C adalah konsentrasi paparan radon (Bq/m³) dan t adalah lama paparan (hari).

II.6. Regresi Linear Sederhana

Istilah regresi berasal dari kajian genetika yang dilakukan oleh Sir Francis Galton (1892-1911). Dewasa ini regresi diterapkan hampir disemua bidang ilmu, guna memprediksi nilai satu variable berdasarkan variabel lain yang nilainya telah diketahui. Kedua variable tersebut memiliki hubungan fungsional sebab-akibat satu dengan yang lainnya.^[2]

Ada dua pengertian yang terkandung dalam analisis regresi yaitu sebagai alat untuk memprakirakan dan untuk menjelaskan system. Yang diutamakan pada regresi sebagai alat untuk prakiraan adalah persamaan garis regresi. Di sini dicari posisi rata-rata (*median*) suatu variabel tertentu pada berbagai nilai atau interval nilai dari variabel yang lain. Posisi tersebut berupa kumpulan titik yang dapat dihubungkan oleh suatu garis (garis regresi). Pengertian di atas menjadikan persamaan garis regresi sebagai pusat perhatian. Hal ini disebabkan persamaan

garis tersebut mempunyai ringkasan dari pola sebaran titik yang digunakan sebagai patokan dalam pemahaman perilaku data. Hasil analisisnya dapat digunakan untuk prediksi. Variabel bebas yang akan diamati biasanya ditetapkan terlebih dahulu kemudian variabel yang tidak bebas diamati. Sebagai contoh, apabila variabel bebasnya berupa biaya promosi dan variabel tidak bebasnya berupa keuntungan, maka dari kedua variabel ini dapat dibuat prakiraan keuntungan yang akan diperoleh (variabel tidak bebas) berdasarkan biaya promosinya (variabel bebas).^[2]

Biasanya, variabel yang ditetapkan terlebih dahulu adalah nilai-nilai dari variabel bebas (X) yang akan diamati dan baru kemudian mengamati nilai-nilai dari variabel tidak bebas (Y). Nilai-nilai X dapat di kendalikan sepenuhnya dan faktor lainnya juga dapat diamati sehingga pengaruhnya konstan. Dengan demikian, kesimpulan yang diperoleh dapat menjelaskan adanya hubungan sebab-akibat.^[2]

Yang dimaksud dengan analisis regresi linear adalah suatu analisis terhadap persamaan regresi dimana hubungan variabel bebas dan variabel tak bebas berbentuk garis lurus. Kata “sederhana” dalam regresi linear sederhana mengandung arti bahwa variabel yang dibicarakan hanya menyangkut satu variabel bebas dan satu variabel tidak bebas.^[2]

Sifat hubungan antara variabel bebas (X) dengan variabel tak bebas (Y) dapat positif, negatif atau tidak ada hubungan. Hubungan positif sering disebut dengan “hubungan searah” artinya, bila nilai X naik maka nilai Y juga naik atau sebaliknya. Hubungan negatif sering disebut sebagai “hubungan berlawanan arah” artinya, bila nilai X naik maka nilai Y akan turun atau sebaliknya. Tidak ada

hubungan artinya, bila nilai X berubah (naik/turun) maka nilai Y tidak berubah (tetap).^[2]

II.6.1 Analisis Regresi Linear sederhana

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam analisis regresi linear sederhana :^[2]

- a) Linear atau aditif. Nilai harapan pengamatan-pengamatan variabel respons (Y) dari suatu variabel penjelas (X) tertentu dengan variabel penjelas (X) lainnya dan membentuk suatu garis lurus. Dalam hal ini fungsi linearnya berada dalam parameter variabel penjelas (X). Apabila sifat keaditifannya tidak dipenuhi maka model tersebut sebenarnya salah jumlah,
- b) Homogen dalam variansi. Tingkat variansi atau keragaman nilai variabel respon (Y) dari suatu variabel penjelas (X) tertentu dengan variabel penjelas (Y) yang lain cenderung sama. Uji homogenitas variansi biasanya dilakukan dengan uji Barlet . Apabila tingkat keragaman tidak homogen maka penduga model tidak stabil dan variansi penduganya akan mempunyai nilai besar.
- c) Kenormalan. Sebaran variabel respon (Y) untuk variabel penjelas (X) tertentu mengikuti distribusi normal. Sifat kenormalan ini dapat diuji dengan uji kebaikan sesuai (*goodness of fit*). salah satu metode uji ini adalah dengan metode X^2 (chi-kuadrat). Prosedur dari metode ini mengatakan bahwa suatu sampel telah diambil dari suatu populasi yang terdistribusi normal yang didasarkan pada metode pendekatan chi-kuadrat,

- d) Independet/kebebasan antar pengamatan. Pengamatan yang satu dengan pengamatan yang lain tidak saling mempengaruhi. Memeriksa kebebasan antar pengamatan ini dapat dilakukan dengan uji independensi.

Berdasarkan sampel random yang diambil, maka persamaan regresi di atas dapat diestimasi dalam bentuk ;^[2]

$$\hat{Y} = a + bx \quad (\text{II.14})$$

untuk nilai a dan b dapat dihitung dengan persamaan.

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (\text{II.15})$$

dan

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{II.16})$$

dimana, \bar{Y} adalah nilai rata-rata variabel Y dan \bar{X} adalah nilai rata-rata variabel X.

II.6.2 Jumlah Kuadrat

Ada tiga jumlah kuadrat yang biasa dicari di dalam persamaan regresi linear sederhana yaitu jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat regresi dan jumlah kuadrat galat atau error.^[2]

- a. Jumlah Kuadrat Total (JKT).

Didefinisikan sebagai keragaman Y_1 yang biasanya diukur dalam simpangan. Jika nilai $JKT = 0$ maka semua amatan sama. Kemudian, jika semakin besar nilai JKT maka semakin besar keragaman diantara amatan-amatan Y. Jumlah kuadrat total ini dirumuskan dengan :

$$JKT = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (\text{II.17})$$

b. Jumlah Kuadrat Regresi (JKR)

Didefinisikan sebagai suatu ukuran keragaman Y_1 yang berasal dari garis regresi. Setiap simpangan tidak lain adalah selisih antara nilai pada garis regresi dengan mean semua nilai estimasi menurut garis regresi. Semakin besar nilai JKR relative terhadap JKT maka semakin besar kemampuan garis regresi dalam menjelaskan keragaman di dalam amatan-amatan Y . jumlah kuadrat regresi ini dinyatakan dengan rumus :

$$JKR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (\text{II.18})$$

c. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

Didefinisikan sebagai mengukur keragaman dalam Y_1 dengan menggunakan model regresi yang menyertakan variabel bebas x . JKS ini digunakan untuk menerangkan keragaman Y yang tidak dapat dijelaskan. Jika nilai JKG = 0 maka semua amatan akan jatuh atau berada di dalam garis regresi. Semakin besar nilai JKG maka semakin besar keragaman amatan-amatan Y disekitar estimasi garis regresi. Jumlah kuadrat galat ini dirumuskan sebagai berikut :

$$JKG = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (\text{II. 19})$$

Jadi, untuk menghitung Jumlah kuadrat Total maka rumus yang di gunakan yaitu :

$$JKT = JKR + JKG \quad (\text{II. 20})$$

II.6.3 Deviasi Standar Galat

Deviasi standar galat atau error dicari dengan rumus :^[2]

$$S_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{JKG}{n-2}} \quad (\text{II. 21})$$

dimana, S_{ε} adalah deviasi standar galat, JKG adalah Jumlah Kuadrat Galat dan $n - 2$ adalah derajat bebas dari model regresi linear sederhana.

II.6.4 Koefisien determinasi dan Korelasi

Koefisien determinasi didefinisikan sebagai proporsi penurunan keragaman jumlah yang diakibatkan oleh digunakannya variabel bebas X. Semakin besar nilai koefisien determinasi semakin besar penurunan keragaman jumlah Y yang diakibatkan oleh dimasukkannya variabel bebas X tersebut.^[2]

Koefisien determinasi untuk populasi dilambangkan dengan ρ^2 dan untuk sampel dilambangkan dengan r^2 , yang dihitung berdasarkan hubungan berikut :^[2]

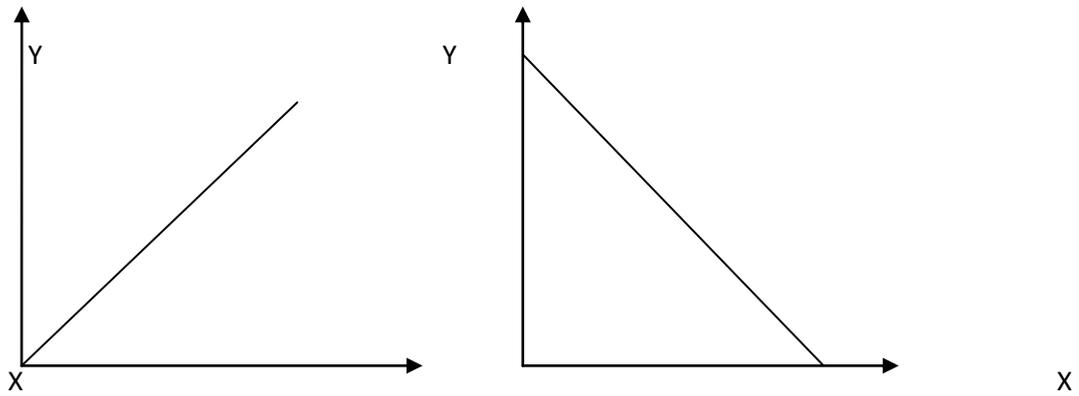
$$r^2 = \frac{JKR}{JKT} = 1 - \frac{JKG}{JKT} \quad (\text{II. 22})$$

Nilai r^2 anatar 0 hingga 1. jika nilai r^2 mendekati 1, maka persamaan regresi tersebut sangat baik untuk memprakirakan. jika $JKG = 0$, maka $r^2 = 1$ yang berarti variabel bebas X berhasil menjelaskan semua keragaman di sekitar amatan-amatan Y_1 .

koefisien korelasi dilambangkan dengan r. nilai dari koefisien korelasi adalah akar dari koefisien determinasi :

$$r = \sqrt{r^2} = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}} = \sqrt{1 - \frac{JKG}{JKT}} \quad (\text{II. 23})$$

Nilai r berkisar antara -1 hingga 1 . Tanda positif dan negatif tergantung kepada kemiringan garis regresinya seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar (II.3) Kurva regresi dengan korelasi (a) positif, dan (b) negatif

Dalam gambar II.3 dijelaskan bahwa jika r bernilai -1 maka kurva regresinya negatif, sedangkan jika r bernilai 1 maka kurva regresinya positif.