

PENENTUAN AKUMULASI SEDIMEN DAN MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN LAUT BERBASIS SPEKTROMETRI ALFA DARI RADIOKIMIA Pb-210

UNTUNG SUGIHARTO



**PROGAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Penentuan Akumulasi Sedimen dan Mikroplastik pada Sedimen Laut Berbasis Spektrometri Alfa dari Radiokimia Pb-210” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal dari atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Untung Sugiharto
G4501232048

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

UNTUNG SUGIHARTO. Penentuan Akumulasi Sedimen dan Mikroplastik pada Sedimen Laut Berbasis Spektrometri Alfa dari Radiokimia Pb-210. Dibimbing oleh Prof. Dr. Dra. ETI ROHAETI, M.Si., Dr. HENNY PURWANINGSIH, M.Si., dan Dr. ALI ARMAN, M.T., APU.

Radioisotop alam Timbal-210 (Pb-210) dimanfaatkan sebagai penanda radiokimia untuk penanggalan geokronologi sedimen laut yang mampu merepresentasikan skala waktu ± 100 tahun terakhir. Pendekatan ini memungkinkan rekonstruksi laju akumulasi sedimen secara temporal serta penyusunan kerangka waktu deposisi partikel di dasar perairan. Dalam sistem sedimen, Pb-210 hadir dalam dua fraksi utama, yaitu Pb-210 terdukung (*supported Pb-210*) yang berasal dari peluruhan *in situ* isotop induknya Radium-226 (Ra-226) dalam matriks sedimen, serta Pb-210 berlebih (*unsupported Pb-210*) yang berasal dari deposisi atmosferik dan masuk ke perairan melalui proses presipitasi dan deposisi partikel. Fraksi Pb-210 berlebih inilah yang bersifat tidak seimbang terhadap induknya dan menjadi dasar utama dalam analisis penanggalan sedimen. Salah satu material yang ada pada sedimen laut adalah mikroplastik yang merupakan polutan hasil fragmentasi material plastik dan terendapkan bersama partikel halus sedimen serta bahan organik yang berperan sebagai pembawa Pb-210 berlebih. Interaksi fisik antara mikroplastik dan matriks sedimen tersebut menyebabkan mikroplastik terawetkan dalam lapisan sedimen secara vertikal, sehingga distribusi mikroplastik dapat dianalisis secara kronologis dengan mengacu pada profil aktivitas Pb-210. Dengan demikian, penerapan geokronologi radiokimia Pb-210 memberikan dasar metodologis yang kuat untuk menelusuri sejarah deposisi dan dinamika akumulasi mikroplastik di lingkungan laut.

Berdasarkan penanggalan sedimen yang diperoleh dari distribusi vertikal latar belakang Pb-210 berlebih, rekonstruksi kronologi sedimen menunjukkan adanya peningkatan kelimpahan mikroplastik pada lapisan sedimen yang lebih muda dibandingkan dengan lapisan yang lebih tua. Hal ini dikonfirmasi secara statistik melalui uji korelasi Pearson dan Spearman antara kedalaman sedimen dan kelimpahan mikroplastik, yang menunjukkan hubungan negatif pada kedua sampel. Koefisien korelasi negatif ini mengindikasikan bahwa semakin dangkal posisi lapisan sedimen yang merepresentasikan periode deposisi yang lebih baru semakin tinggi kelimpahan mikroplastik yang terdeteksi, sejalan dengan tren peningkatan produksi dan penggunaan plastik secara global sejak pertengahan abad ke-20.

Laju sedimentasi yang dihitung dari peluruhan Pb-210 berlebih mencerminkan fluks deposisi partikel ke dasar perairan dan berperan sebagai pengontrol utama proses penguburan mikroplastik. Interval sedimen dengan laju sedimentasi yang lebih tinggi menunjukkan akumulasi mikroplastik yang lebih besar, yang berkaitan dengan tingginya suplai material tersuspensi dari daratan dan aktivitas antropogenik di kawasan Teluk Hurun. Wilayah ini diketahui mengalami tekanan lingkungan akibat aktivitas budidaya pesisir serta peningkatan beban nutrisi yang memicu dinamika deposisi partikel yang intensif. Kondisi tersebut memungkinkan mikroplastik lebih cepat terperangkap dan terstabilisasi dalam sedimen. Uji korelasi antara laju sedimentasi dan kelimpahan mikroplastik menunjukkan hubungan positif lemah pada kedua sampel, yang mengindikasikan

kecenderungan bahwa laju sedimentasi yang lebih tinggi berasosiasi dengan kelimpahan mikroplastik yang lebih besar, meskipun hubungan ini tidak bersifat dominan secara statistik. Hasil tersebut menegaskan bahwa kelimpahan mikroplastik lebih dikendalikan oleh ketersediaan sumber pencemar di kolom air dibandingkan semata-mata oleh dinamika fisik sedimentasi.

Kata kunci: Laju sedimentasi, Mikroplastik, Pb-210, Radiokimia, Sedimen

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

UNTUNG SUGIHARTO. Determination of Sediment and Microplastic Accumulation in Marine Sediments Based on Alpha Spectrometry of Pb-210 Radiochemistry. Supervised by Prof. Dr. Dra. ETI ROHAETI, M.Si, Dr. HENNY PURWANINGSIH, M.Si, and Dr. ALI ARMAN, M.T, APU.

The natural radionuclide Lead-210 (Pb-210) is widely used as a radiochemical tracer for marine sediment geochronology, enabling the reconstruction of depositional histories over a timescale of approximately the past 100 years. This approach allows for the temporal reconstruction of sediment accumulation rates as well as the establishment of a chronological framework for particle deposition on the seafloor. Within sedimentary systems, Pb-210 occurs in two main fractions: supported Pb-210, which is produced in situ from the decay of its parent isotope Radium-226 (Ra-226) within the sediment matrix, and unsupported (excess) Pb-210, which originates from atmospheric deposition and enters aquatic systems through precipitation and particle scavenging processes. The unsupported Pb-210 fraction is not in equilibrium with its parent isotope and thus serves as the primary basis for sediment dating analyses. One of the materials commonly found in marine sediments is microplastics, which are pollutants derived from the fragmentation of plastic debris and are deposited together with fine sediment particles and organic matter that act as carriers for excess Pb-210. The physical interactions between microplastics and the sediment matrix facilitate their preservation within vertically stratified sediment layers, allowing their distribution to be analyzed chronologically based on Pb-210 activity profiles. Therefore, the application of Pb-210 radiochemical geochronology provides a robust methodological framework for reconstructing the depositional history and accumulation dynamics of microplastics in marine environments.

Based on sediment dating derived from the vertical distribution of excess Pb-210, the reconstructed sediment chronology reveals an increase in microplastic abundance in younger sediment layers compared to older ones. This pattern is statistically supported by both Pearson and Spearman correlation analyses between sediment depth and microplastic abundance, which show negative relationships in both samples. These negative correlation coefficients indicate that shallower sediment layers, representing more recent depositional periods, contain higher microplastic abundances, consistent with the global increase in plastic production and usage since the mid-20th century.

Sedimentation rates derived from excess Pb-210 decay reflect the depositional flux of particles to the seabed and act as a primary control on microplastic burial processes. Sediment intervals with higher sedimentation rates exhibit greater microplastic accumulation, which is associated with increased inputs of suspended materials from terrestrial sources and anthropogenic activities in the Teluk Hurun area. This region is known to experience environmental pressure due to coastal aquaculture activities and elevated nutrient loads, which enhance particle deposition dynamics. These conditions facilitate the rapid entrapment and stabilization of microplastics within the sediment matrix. Correlation analysis between sedimentation rate and microplastic abundance reveals a weak positive relationship in both samples, indicating a tendency for

higher sedimentation rates to be associated with greater microplastic abundance, although this relationship is not statistically dominant. These findings suggest that microplastic abundance is more strongly controlled by the availability of pollutant sources in the water column rather than solely by the physical dynamics of sedimentation.

Keywords: *Microplastic, Pb-210, Radiochemical, Sediment, Sediment accumulation rates*

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis inidalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENENTUAN AKUMULASI SEDIMEN DAN MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN LAUT BERBASIS SPEKTROMETRI ALFA DARI RADIOKIMIA Pb-210

UNTUNG SUGIHARTO

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Kimia

**PROGAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis: Dr. Mohammad Khotib S.Si., M.Si.

Judul Tesis : Penentuan Akumulasi Sedimen dan Mikroplastik pada Sedimen Laut Berbasis Spektrometri Alfa dari Radiokimia Pb-210

Nama Lengkap : Untung Sugiharto

NIM : G4501232048

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.Si



Pembimbing 2:

Dr. Henny Purwaningsih, M.Si



Pembimbing 3:

Dr. Ali Arman, M.T, APU

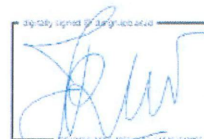


Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Irmanida Batubara, M.Si

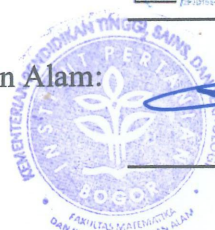
NIP. 197508072005012001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:

Dr. Berry Juliandi, M.Si

NIP. 197807232007011001



Tanggal Ujian: 26 Mei 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2024 sampai bulan Maret 2025 ini ialah Mikroplastik, dengan judul “Penentuan Akumulasi Sedimen dan Mikroplastik pada Sedimen Laut Berbasis Spektrometri Alfa dari Radiokimia Pb-210”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.Si, Dr. Henny Purwaningsih, M.Si, Dr. Ali Arman, M.T, APU yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Serta penulis mengucapkan terima kasih kepada penguji Dr. Mohammad Khotib S.Si., M.Si, dan Prof. Dr. Irmanida Batubara, M.Si yang telah memberikan masukan untuk perbaikan tesis ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas beasiswa program *Degree by Research* (DBR) selama penulis menempuh pendidikan, Dr. Syaiful Bakhri sebagai kepala Organisasi Riset Tenaga Nuklir (ORTN) – Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberi izin penelitian, proyek IAEA RAS 7038 (*Monitoring the Marine Environment for Enhanced Understanding of the Abundance and Impact of Marine Plastic Pollution*) atas bantuan peralatan sampling dan pengetahuan melalui pelatihan serta teman-teman yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Untung Sugiharto



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja Penelitian	4
2.3.1 Pengambilan Sampel Sedimen Laut	4
2.3.2 Destruksi sampel sedimen untuk aktivitas Pb-210	5
2.3.3 Ekstraksi dan identifikasi mikroplastik	5
2.3.4 Preparasi Sampel Sedimen untuk Analisis XRF	6
2.4 Analisis data	7
2.4.1 Karakteristik Destruksi Sedimen Menggunakan HCl dan HNO ₃ Pekat	7
2.4.2 Aktivitas Pb-210 Total dengan Spektrometer Alfa	8
2.4.3 Model untuk Umur dan Laju Akumulasi Sedimen	10
2.4.4 Konsentrasi Pb-210 Berlebih (unsupported Pb-210)	11
2.4.5 Akumulasi Pb-210 Berlebih untuk Umur Sedimen dan Laju Sedimentasi	11
2.4.6 Keberadaan Mikroplastik pada Lapisan Sedimen	11
2.4.7 Hubungan Antara Laju Sedimentasi dan Akumulasi Mikroplastik dalam Sedimen	12
2.4.8 Geokimia unsur mayor dengan X-ray Fluorescence (XRF)	12
III HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Umur Sedimen dan Laju Akumulasi Sedimen	13
3.2 Distribusi Pb-210 total berdasarkan kinetika reaksi orde pertama	17
3.3 Keberadaan Mikroplastik pada Lapisan Sedimen	18
3.4 Hubungan Antara Laju Sedimentasi dan Akumulasi Mikroplastik dalam Sedimen	19
3.5 Geokimia unsur mayor dengan X-ray Fluorescence (XRF) sebagai indikator kapasitas retensi mikroplastik dalam sedimen	21
3.6 Karakterisasi sedimen dan validasi jenis mikroplastik dengan FTIR	23
IV SIMPULAN DAN SARAN	25
4.1 Simpulan	25
4.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26

LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi pengambilan sampel.....	4
Gambar 2.2 Pengendapan polonium pada plat perak.....	5
Gambar 3.1 Aktivitas Pb-210 Total. a) sampel 1, b) sampel 2	13
Gambar 3.2 Peluruhan U-238 membentuk Pb-210 (Appleby dan Oldfield 1978).....	14
Gambar 3.3 Aktivitas Pb-210 berlebih, a) sampel 1, b) sampel 2	15
Gambar 3.4 Umur dan laju sedimentasi pada Sampel 1	16
Gambar 3.5 Umur dan laju sedimentasi pada Sampel 2	16
Gambar 3.6 Jenis mikroplastik yang ditemukan di sedimen 1 dan sedimen 2 dengan perbesaran 4x, Keterangan : Fragmen (a), Fiber (b), Film (c), Pellet (d).....	18
Gambar 3.7 Grafik laju sedimentasi dan kelimpahan mikroplastik sampel 1	20
Gambar 3.8 Grafik laju sedimentasi dan kelimpahan mikroplastik Sampel 2	20

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perolehan persamaan eksponensial pada masing-masing sampel.....	17
Tabel 3.2 Kelimpahan mikroplastik pada Sampel 1	19
Tabel 3.3 Kelimpahan mikroplastik pada Sampel 2	19
Tabel 3.4 Karakterisasi sedimen sampel 1 dengan EDXRF	21
Tabel 3.5 Karakterisasi sedimen sampel 2 dengan EDXRF	21
Tabel 3.6 Rasio Si/Al pada sampel 1	22
Tabel 3.7 Rasio Si/Al pada sampel 2	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram alir penelitian	30
Lampiran 2 Aktivitas Pb-210 Total dengan spektrometer alpha.....	31
Lampiran 3 Aktivitas Pb-210 berlebih.....	32
Lampiran 4 Umur sedimen dan laju sedimentasi sampel 1.....	32
Lampiran 5 Umur sedimen dan laju sedimentasi sampel 2.....	33
Lampiran 6 Pengamatan mikroplastik sampel sedimen 1	34
Lampiran 7 Pengamatan mikroplastik sampel sedimen 2.....	40
Lampiran 8 Perhitungan Korelasi Pearson dan Spearman	46