

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Radiasi alam dapat bersumber dari matahari, bintang, atau juga biasa disebut sebagai radiasi kosmik. Radiasi alam juga dapat bersumber dari terestrial, yaitu dari unsur radioaktif seperti Uranium dan Torium, di permukaan bumi (Shahbazi-Gahrouei *et al.*, 2013). Meskipun seluruh wilayah di bumi memiliki radioaktivitas alami, namun tingkat radioaktivitas alam di setiap wilayah dapat berbeda. Paparan radiasi alam yang dihasilkan pada setiap wilayah di bumi bergantung pada kondisi geologis dan geokimia tiap wilayah. Nishad *et al.* (2021) menyebutkan bahwa terdapat beberapa wilayah di dunia yang memiliki radiasi alam tingkat tinggi atau disebut *high-level natural radiation areas* (HLNRA). Pada HLNRA, jumlah radiasi kosmik dan radiasi terestrialnya dapat menyebabkan paparan kronis dan masyarakatnya memiliki dosis efektif radiasi tahunan di atas tingkat yang ditentukan (Sohrabi, 2013). Terdapat beberapa area di dunia yang termasuk ke dalam HLNRA, area tersebut meliputi United States, Canada, Pantai Barat Daya India, Guarapari di Brazil, Yangjiang di Cina, serta Ramsar dan Mahallat di Iran (Chandran Geetha & Sreedharan, 2016). HLNRA juga dapat ditemukan di Indonesia, salah satunya di daerah Mamuju (Syaeful *et al.*, 2014).

Mamuju merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Barat, Indonesia, yang terdiri dari 11 kecamatan, 13 kelurahan dan 88 desa (Badan Pusat Statistik, 2022). Beberapa desa di Mamuju yang memiliki laju dosis efektif radiasi lebih dari 5 mSv/tahun (melebihi rata-rata dosis efektif dunia) antara lain, Ahu (20,1 mSv), Pangasaan, Mamunyu, Botteng (33,9 mSv), Takandeang (27 mSv), dan Tande-Tande (69,6 mSv). Area Ahu, Pangasaan, dan Mamunyu merupakan area hutan dan alang-alang. Area Botteng, Takandeang, dan Tande-Tande merupakan wilayah pemukiman (Syaeful *et al.*, 2014). Area pemukiman seringkali dijadikan sebagai wilayah studi untuk mempelajari efek radiasi alam dosis rendah pada manusia. Area pemukiman Dusun Tande-Tande yang terletak di Desa Botteng Utara, Kecamatan Simboro, merupakan area yang memiliki konsentrasi radon (unsur radioaktif) tertinggi sebesar 1644 Bq/m³ (Nugraha *et al.*, 2021) dan memiliki dosis efektif radiasi tahunan sebesar 69,6 mSv/tahun (Yamaguchi *et al.*, 2022).

Pada tahun 2014, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Indonesia melaporkan bahwa laju dosis radiasi terestrial di Mamuju tinggi (Syaeful *et al.*, 2014). Rata-rata dosis radiasi alam di Mamuju sebesar 32 mSv/tahun (Nugraha *et al.*, 2021). Dosis tersebut melebihi rata-rata dosis efektif radiasi alami di seluruh dunia yaitu sekitar 2,4 mSv/tahun (UNSCEAR, 2000). Tingginya dosis radiasi tahunan di Mamuju, khususnya di Dusun Tande-Tande, diperkirakan bahwa penduduk dusun tersebut telah terpapar radiasi alam yang melebihi batas dosis normal atau bahkan melebihi batas ambang dosis paparan orang yang bekerja di industri nuklir atau pekerja radiasi (Sohrabi, 2013). Walaupun penduduk Dusun Tande-Tande terpapar radiasi alam yang melebihi batas ambang dosis pekerja radiasi, namun paparan dosis efektif sebesar 69,6 mSv/tahun pada penduduk tersebut masih dianggap sebagai paparan radiasi yang berisiko rendah. Tsai *et al.* (2022) menyebutkan bahwa dosis radiasi yang kurang dari 100 mSv masih tergolong ke dalam paparan radiasi yang berisiko rendah atau dapat menimbulkan efek stokastik (efek yang mungkin akan muncul dalam selang waktu tertentu tanpa melihat dosis radiasi yang diterima) sehingga nilai tersebut disebut sebagai dosis radiasi rendah.

Paparan radiasi dosis rendah tidak langsung tampak pada manusia, tetapi ketika terpapar dalam waktu yang lama, dapat menimbulkan kanker dan cacat genetik pada keturunannya (Bonner, 2003), namun, sampai saat ini, belum ada penelitian yang melaporkan adanya kasus kanker maupun cacat genetik tersebut yang terjadi pada masyarakat Dusun Tande-Tande, Mamuju (Nugraha *et al.*, 2021). Selanjutnya, paparan radiasi alam berupa radiasi pengion dosis rendah ini juga dapat menimbulkan beberapa efek biologis seperti kerusakan DNA dan perubahan molekuler lainnya, serta perubahan kromosom (Shimura & Kojima, 2018; Kim *et al.*, 2022). Efek paparan radiasi pengion juga dapat menimbulkan adanya perlambatan dalam proses pembelahan sel/ mitosis, sehingga akan menurunkan tingkat pembelahan sel (Lloyd *et al.*, 1977).

Efek biologis terhadap radiasi pengion dosis rendah tersebut kemungkinan dapat dideteksi salah satu caranya dengan melakukan pemeriksaan terhadap *acrocentric chromosome associations* (ACA). ACA pertama kali dianggap sebagai *biomarker* sitogenetik untuk paparan radiasi pengion tingkat rendah oleh

Caradonna pada tahun 2015, dan sampai saat ini, belum ada penelitian yang menggunakan ACA sebagai *biomarker* sitogenetik untuk menilai efek radiasi alam pada penduduk yang tinggal di daerah dengan radiasi alam tinggi. Dalam penelitian Caradonna (2015) ditemukan bahwa frekuensi ACA pada pekerja rumah sakit yang terpapar radiasi menunjukkan nilai 2,5 kali lipat lebih besar daripada frekuensi ACA yang tidak terpapar radiasi. Penelitian Samarth *et al.* (2022) juga menemukan bahwa frekuensi ACA pada limfosit yang diradiasi meningkat seiring dengan peningkatan dosis radiasi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek paparan radiasi alam terhadap nilai frekuensi ACA sebagai *biomarker* sitogenetik pada sel limfosit penduduk Dusun Tande-Tande sebagai HLNRA (dosis efektif tahunan: 69,6 mSv/tahun) dibandingkan dengan penduduk sekitar, yaitu Desa Kabubu, Kecamatan Topoyo, sebagai kelompok kontrol (dosis efektif tahunan: 4,17 mSv/tahun (Yamaguchi *et al.*, 2022)). Hasil penelitian Samarth *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pada limfosit yang tidak diradiasi memiliki frekuensi ACA sebesar 12-16%. Berdasarkan hal tersebut, frekuensi ACA yang melebihi nilai tersebut dapat dikategorikan memiliki frekuensi ACA yang tinggi. Beberapa hipotesis mengenai ACA mengatakan bahwa adanya ACA mewakili ketidakstabilan/kerusakan kromosom, seperti *non-disjunction*, translokasi Robertsonian, dan aneuploidi, sehingga peningkatan frekuensi ACA dapat dijadikan peringatan dini untuk kesehatan manusia (Caradonna, 2015; Hansson, 1975, 1979; Samarth *et al.*, 2022)

Biomarker sitogenetik berupa *mitotic index* (MI) juga dapat digunakan untuk mendeteksi efek biologis terhadap radiasi pengion dosis rendah. Lubis & Indrawati (2003) menyebutkan bahwa MI dapat digunakan sebagai *biomarker* untuk mengetahui persentase sel pada suatu populasi sel yang sedang mengalami pembelahan. Studi sebelumnya, menunjukkan bahwa pada limfosit penduduk di Desa Botteng, memiliki MI yang lebih rendah dibandingkan sampel kontrol dan tidak berbeda signifikan (Lubis *et al.*, 2016). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa nilai MI pada limfosit penduduk Desa Saletto dan Ahu di Mamuju, juga memiliki persentase MI lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, dan hasil tersebut juga tidak berbeda signifikan (Purnami *et al.*, 2020). Untuk memvalidasi studi sebelumnya, dimana nilai MI yang tidak berbeda secara signifikan, serta untuk

mendapatkan pengetahuan yang lebih luas mengenai nilai MI yang mungkin dipengaruhi oleh laju dosis radiasi di area lokal, maka penelitian ini juga dilakukan untuk mengevaluasi nilai MI sebagai *biomarker* sitogenetik pada sel limfosit penduduk Dusun Tande-Tande sebagai HLNRA di Indonesia, yang mana penduduk di dusun tersebut terpapar radiasi alam yang melebihi batas normal setiap harinya.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perbedaan frekuensi *acrocentric chromosome associations* (ACA) pada limfosit darah perifer penduduk Dusun Tande-Tande dengan kelompok kontrol?
2. Apakah ACA dapat dijadikan sebagai *biomarker* sitogenetik untuk menilai efek sitogenetik dari paparan radiasi alam tinggi pada limfosit penduduk Dusun Tande-Tande?
3. Bagaimana perbedaan *mitotic index* (MI) pada limfosit penduduk Dusun Tande-Tande dengan kelompok kontrol?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui perbedaan frekuensi ACA pada limfosit penduduk Dusun Tande-Tande dengan kelompok kontrol.
2. Untuk mengetahui apakah ACA dapat dijadikan sebagai *biomarker* sitogenetik untuk menilai efek sitogenetik dari paparan radiasi alam tinggi.
3. Untuk mengevaluasi perbedaan MI pada limfosit penduduk Dusun Tande-Tande dengan kelompok kontrol.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai *biomarker* sitogenetik baru berupa frekuensi ACA untuk mendeteksi efek dini dari paparan radiasi alam terhadap kesehatan. Kemudian, nilai MI yang dievaluasi pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terhadap kondisi kesehatan penduduk yang terpapar radiasi alam yang melebihi batas dosis normal.