p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

PENGARUH PEMBERIAN AIR DAERAH PERTAMBANGAN INTAN CEMPAKA TERHADAP MIKRONUKLEUS *ZEBRA FISH* (*Danio rerio*)

Lena Rosida[1]*, Siti Wasilah[1], Husnul Khatimah[1], Oski Illiandri[1], Winda Wati[2]
[1] Departemen Biomedik PSPD FK ULM, Jl. Veteran 128, Banjarmasin, Indonesia
[2] Mahasiswa PSPD FK ULM, Jl. Veteran 128, Banjarmasin, Indonesia
*Corresponding author: Lena Rosida.lrosida@ulm.ac.id

Abstrak. Proses penambangan intan masyarakat sering menggunakan merkuri (Hg). Merkuri dapat menginduksi pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang menyebabkan kerusakan DNA dan menginisiasi proses karsinogenik. Salah satu indikator kerusakan DNA adalah pembentukan mikronukleus. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh pemberian air di daerah pertambangan intan Cempaka terhadap mikronukleus *Zebra fish*. Desain penelitian adalah *case control post test only*, terdiri dari 2 kelompok, yaitu kelompok perlakuan yang diberi media air daerah pertambangan intan Cempaka Banjarbaru dan kelompok kontrol yang diberi media air PDAM Bandarmasih. Masing-masing kelompok terdiri dari 18 ekor *Zebra fish*. Variabel bebas adalah air daerah tambang Intan Cempaka, sedangkan variabel terikat adalah jumlah mikronukleus eritrosit *Zebra fish*. Jumlah mikronukleus dihitung per 200 sel eritrosit dari sediaan apus yang diwarnai dengan Giemsa 3%, di bawah mikroskop dengan perbesaran 10×100. Pengambilan data dilakukan setelah paparan 24, 48, dan 72 jam. Normalitas data dianalisis menggunakan *Shapiro Wilk.* Jika data terdistribusi normal maka dilakukan analisis parametrik dengan *Student T-test* dengan kepercayaan 95%. Jika data tidak terdistribusi normal maka dilakukan analisis non parametrik dengan *Mann Whitney U test.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar TSS pada air pertambangan intan Cempaka adalah 377 mg/L, kadar besi (Fe) yaitu 19,170 mg/L, kadar Hg sebesar 0,131 µg/L, dan tidak ditemukan mikronukleus pada kedua kelompok baik pada paparan jam ke 24, 48, maupun 72 jam. Kesimpulan penelitian ini adalah paparan air pertambangan intan Cempaka Banjarbaru selama 24 jam, 48 jam dan 72 jam tidak mempengaruhi pembentukan mikronukleus *Zebra fish*.

Kata-kata kunci: mikronukleus, *Zebra fish*, *reactive oxygen species*, karsinogenik

1. PENDAHULUAN

Adanya logam berat merupakan ancaman bagi ekologis dan kesehatan masyarakat, melalui toksisitasnya dan kemampuan akumulasi logam berat pada makhluk hidup (Çavas, 2008). Efek samping logam berat telah diketahui baik dalam lingkungan alami maupun dalam kondisi laboratorium pada konsentrasi tertentu (Russo *et. al*., 2004). Selanjutnya, kontaminasi lingkungan melalui bioakumulasi senyawa yang mengandung logam berat merupakan penyebab potensial kerusakan bahan genetik (Prá *et. al*.,2006). Merkuri merupakan salah satu logam berat yang berbahaya, dilihati dari toksisitas yang tinggi, sifat bioakumulatif dan efek merusak lainnya pada biota, termasuk perubahan genetik atau mutagenesis (WHO, 1990). Di antara sifat mutagenik lainnya, merkuri dan senyawa organomercurial tertentu memberikan efek buruk pada tubulin, subunit struktural mikrotubulus yang terlibat dalam organisasi sitoplasma, dan juga komponen serat spindel. Merkuri merusak polimerisasi tubulin, sehingga menyebabkan kontraksi kromosom metafasik, penundaan pembelahan sentromer, dan memperlambat gerakan anafasik (Thier *et. al*., 2003).

Kecamatan Cempaka merupakan salah satu dari 5 kecamatan yang ada di Pemerintahan Kota Banjarbaru. Salah satu aktivitas yang dilaksanakan oleh masyarakat di Kecamatan Cempaka ini adalah kegiatan penambangan, misalnya: batu, pasir, intan, emas, dan batubara. Khusus untuk penambangan intan, telah lama diusahakan oleh masyarakat Kecamatan Cempaka secara turun temurun. Hal ini mereka lakukan untuk memperoleh pendapatan dan mempertahankan kehidupannya. Proses penambangan tersebut menggunakan merkuri (Hg) dengan tujuan memperoleh hasil ikutan berupa pasir dan emas. Secara langsung maupun tidak langsung proses pencucian yang menggunakan merkuri (Hg) menyebabkan perairan tercemar merkuri (Hg). Penelitian yang dilakukan oleh Maulidah dkk. (2015) didapatkan perairan sekitar pertambangan Cempaka tercemar merkuri (0,0065 mg/L). Merkuri telah terbukti dalam menginduksi pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang diketahui menyebabkan kerusakan DNA di sel, yang dapat menginisiasi proses karsinogenik.

Salah satu indikator kerusakan DNA adalah pembentukan mikronukleus. Mikronukleus merupakan nukleus tambahan berukuran kecil yang terbentuk oleh fragmen kromosom atau seluruh kromosom yang tertinggal pada waktu mitosis. Mikronukleus secara tidak langsung menggambarkan kerusakan kromosom atau gangguan mitosis. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian pengaruh pemberian air daerah pertambangan intan Cempaka terhadap mikronukleus *Zebra fish*.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan desain *case control post test only group design*, terdiri dari 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol yang diberi media air PDAM Bandarmasih dan kelompok perlakuan yang diberi media air yang berasal dari daerah pertambangan intan Cempaka Banjarbaru. masing-masing berisi 18 ekor *Zebra fish*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop cahaya, kamera mikroskop, *software* Optilab, *software Image* Raster, akuarium, aerator, *water filtrate*, gunting bedah, scalpel, pisau bedah, pinset anatomis, pinset bedah, pipet, baskom stainless, baskom kaca, objek glass, gelas kimia, gelas ukur, sarung tangan, masker, handsanitizer, rak pewarnaan, staining jar, jaring ikan ukuran kecil dan ukuran sedang, dan lampu akuarium. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Zebra fish* dewasa (ukuran 3 – 5 cm), sampel air di daerah tambang intan Cempaka Banjarbaru, es batu, air panas, reagen pewarnaan Giemsa, methanol absolute, aquadest, minyak imersi, pakan ikan.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah air yang ada di daerah tambang Intan Cempaka, sedangkan variabel terikat adalah jumlah mikronukleus pada eritrosit. Air yang ada di daerah tambang intan Cempaka adalah air yang diambil dari pertambangan intan di desa Pumpung Sungai Tiung, Kecamatan Cempaka. Jumlah mikronukleus adalah nukleus tambahan berdiameter kurang dari sepertiga dari nukleus utama dan berwarna ungu dari sediaan apusan darah *Zebra fish* yang diwarnai dengan Giemsa yang dihitung per 200 sel, dengan perbesaran 10×100 dengan bantuan minyak imersi (Khrisna and Hayashi, 2000; Rangkuti dkk., 2012).

Analisis kualitas sampel air dilakukan di laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (Baristand) Banjarbaru. *Zebra fish* yang digunakan adalah *Zebra fish* dewasa berukuran 3 - 5 cm (Reed and Jennings, 2010) dan dilakukan determinasi di laboratorium Iktiologi Fakultas Perikanan dan Kelautan ULM Banjarbaru (surat nomor: B/13/UN8.1.27.9/TA.00.00/2020 tanggal 27 Agustus 2020). Pada jam ke-24, 48 dan 72 setelah paparan, masing-masing kelompok diambil 6 ikan untuk diambil darah vena di daerah ekor menggunakan mikrokapiler dengan antikoagulan, kemudian dibuat sediaan apus dan diwarnai dengan pewarnaan Giemsa 3% (Babaei *et. al.*, 2013; Bakar *et. al.*, 2014; D'Costa *et.al.*, 2018). Mikronukleus diidentifikasi dengan mikroskop cahaya yang dihubungkan dengan komputer (optilab viewer) dengan perbesaran 10 x 100. Kriteria sel yang dimasukkan dalam perhitungan adalah kriteria menurut Tolbert et al. (1991), yaitu sitoplasma berwana pucat biru kehijauan dan masih intak, sel yang dihitung tidak overlap dengan sel di sebelahnya, nukleus normal dan intak, perimeter nukleus halus dan berbatas jelas, serta debris minimal. Kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi mikronukleus pada sel antara lain perimeter mikronukleus bulat dan halus, terpisah dari nukleus utama, ukurannya kurang dari sepertiga diameter nukleus tetapi cukup besar untuk bisa dilihat baik bentuk maupun warnanya, mikronukleus berwarna ungu. Sel bermikronukleus yang teridentifikasi sesuai kriteria dihitung per 200 sel (Khrisna and Hayashi, 2000; Rangkuti dkk., 2012). Data yang sudah dikumpulkan diuji normalitasnya dengan uji Shapiro-Wilk. Jika data terdistribusi normal ($p > 0,05$) maka dilanjutkan dengan analisis parametrik Student T-test dengan tingkat kepercayaan 95%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang pengaruh pemberian air pertambangan intan Cempaka terhadap jumlah mikronukleus *Zebra fish* ini dimulai dengan membuat etik penelitian di FK ULM dengan diterbitkannya surat laik etik No: 282/KEPK-FK UNLAM/EC/VIII/2020 tanggal 18 Agustus 2020. Analisis kualitas air pertambangan intan dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (Baristand) Banjarbaru dengan surat permintaan jasa pelayanan teknis No: 1195/BPPI/Baristand-Banjarbaru/LP/VIII/2020 tanggal 24 Agustus 2020. Subyek penelitian diidentifikasi dengan melakukan determinasi di Laboratorium Iktiologi Fakultas Perikanan dan Kelautan ULM Banjarbaru dengan hasil bahwa ikan yang digunakan adalah *Zebra fish* (surat nomor: B/13/UN8.1.27.9/TA.00.00/2020 tanggal 27 Agustus 2020). *Zebra fish* diaklimatisasi dalam akuarium yang dilengkapi dengan sistem filter dan aerator dengan volume air 1 liter/3 ekor ikan. Aklimatisasi dilakukan selama 1 minggu.

Hasil analisis air daerah pertambangan intan desa Sungai Tiung Kecamatan Cempaka dapat dilihat dalam tabel berikut.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Air Pertambangan Intan Cempaka Banjarbaru

No	Parameter	Hasil
1	pH	7,06
2	Padatan tersuspensi (TSS)	377 mg/L
3	Biochemical Oxygen Demand (BOD)	16,50 mg/L
4	Chemical Oxygen Demand (COD)	40,503 mg/L
5	Besi (Fe)	19,170 mg/L
6	Mangan (Mn)	0,188 mg/L
7	Timbal (Pb)	0,040 mg/L
8	Kadmium (Cd)	< 0,003 mg/L
9	Air raksa (Hg)	0,131 µg/L
10	Kekeruhan	401 NTU

Berdasarkan hasil analisis air tersebut tampak bahwa beberapa parameter mengalami peningkatan di atas dari ambang batas baku mutu limbah cair menurut Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair dari Kegiatan Industri. Parameter tersebut adalah padatan tersuspensi (TSS), dan kadar besi (Fe). Padatan tersuspensi air pertambangan intan desa Sungai Tiung pada penelitian ini adalah 377 mg/L yang berarti berada di atas yang dianjurkan untuk limbah cair menurut peraturan Gubernur tahun 2008 yaitu 200 mg/L. Hal ini dapat disebabkan karena sampel air yang digunakan adalah air di tempat pertambangan aktif atau sedang dikerjakan oleh masyarakat, dimana pertambangan intan di daerah ini menggunakan sistem *dumping* yaitu dengan mengupas tanah permukaan yang kemudian dilanjutkan dengan penggalian (Indrayatie 2011 dalam Ropi'ah dkk., 2017), sehingga banyak mengandung lumpur dan pasir..

Hal ini sesuai dengan Effendi 2003 dalam Rinawati dkk. (2016) yang mengatakan bahwa pertambangan secara *dumping* menyebabkan air pertambangan memiliki TSS yang relatif tinggi karena zat padat tersuspensi (*total suspended solid*/TSS) adalah materi atau bahan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan air terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air. Nilai TSS dapat menjadi salah satu parameter biofisik perairan yang secara dinamis mencerminkan perubahan yang terjadi di daratan maupun di perairan.

Kadar TSS yang tinggi pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Maulidah dkk (2015) yang menemukan kadar TSS di pertambangan intan Cempaka berada di atas ketentuan peraturan Gubernur Kalimantan Selatan tahun 2008 maupun PP No. 82 tahun 2001.

Parameter lain yang memiliki kadar di atas baku mutu limbah cair adalah besi (Fe) yaitu 19,170 mg/L. Kadar ini jauh di atas kadar Fe pada limbah cair menurut peraturan Gubernur Kalimantan Selatan tahun 2008 yaitu 5 mg/L. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Maulidah dkk. (2015) yang mendapatkan kadar besi di daerah pertambangan intan Cempaka yang tinggi. Hal ini terjadi karena penambangan dengan cara *dumping* ini terjadi pengikisan lahan sehingga kandungan mineral ikut terkikis dan terlarut di dalam air. Karena pengikisan tersebut kandungan besi yang terlarut tidak sesuai dengan baku mutu kualitas air.

Kadar zat besi atau (Fe) yang tinggi dapat menyebabkan warna air berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara, juga dapat menimbulkan bau yang kurang enak, bercak -bercak kuning pada pakaian dan dapat menimbulkan masalah atau gangguan pada kesehatan bagi orang yang mengkonsumsinya secara terus-menerus (Rizal Nur 2011 dalam Rasman dan Saleh, 2016). Di samping itu, kadar besi (Fe) yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan, seperti merusak dinding usus, merusak hepar dan paru.

Kadar merkuri pada air pertambangan intan Cempaka pada penelitian ini masih berada di bawah baku mutu limbah cair yaitu 0,131 µg/L atau 0,000131 mg/L. Menurut peraturan Gubernur Kalimantan Selatan nomor 036 tahun 2008 tentang baku mutu limbah cair, kadar air raksa pada limbah pertambangan maksimal 0,002 mg/L Hasil ini berbeda dengan penelitian Maulidah dkk. (2015) yang mendapatkan kadar merkuri pada perairan Cempaka adalah 0,0065 mg/L. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan waktu dan tempat pengambilan sampel air yang diteliti.

Walaupun kadar merkuri masih di bawah baku mutu limbah cair, namun adanya kandungan merkuri di perairan Cempaka ini perlu diwaspadai apabila masyarakat masih menggunakan merkuri untuk jangka panjang, karena logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia di dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai

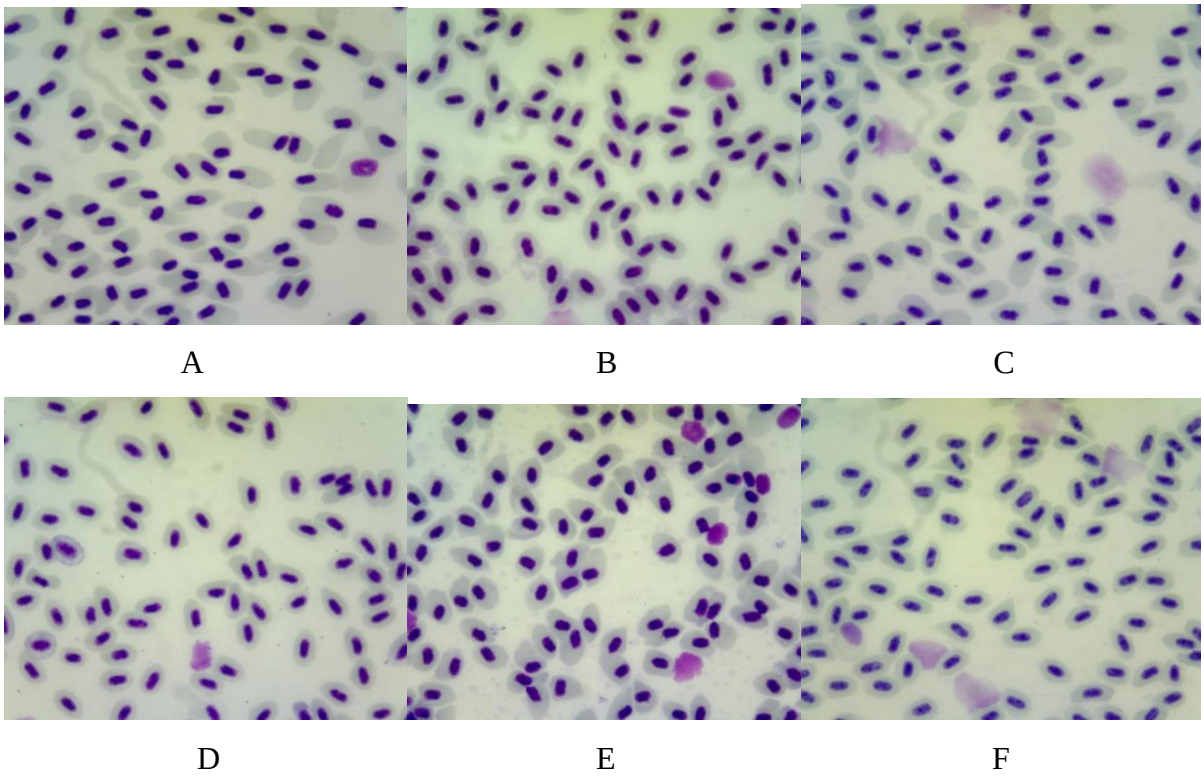
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

penghalang kerja enzim sehingga proses metabolisme tubuh terputus (Nuraini 2015 dalam Yulis, 2018). Merkuri dalam bentuk logam biasanya akan menumpuk di ginjal dan sistem saraf yang akan mengganggu bila akumulasinya semakin banyak (Edward 2008 dalam Yulis, 2018).

Penelitian yang dilakukan selama beberapa dekade ini menggunakan *Zebra fish* sebagai model eksperimental penyakit, studi genetika, studi toksikologi, dan gangguan lainnya memberikan hasil yang cukup menjanjikan (William, 2017; Yuniarto dkk, 2017, Wikipedia, 2020). Perhitungan jumlah mikronukleus dilakukan dengan melihat sediaan apus darah *Zebra fish* yg diwarnai dengan Giemsa 3% di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 10 x 100. Mikronukleus dihitung per 200 buah sel eritrosit yang memenuhi syarat berikut: sitoplasma berwana pucat biru kehijauan dan masih intak, sel yang dihitung tidak overlap dengan sel di sebelahnya, nukleus normal dan intak, perimeter nukleus halus dan berbatas jelas, serta debris minimal. Identifikasi mikronukleus berdasarkan kriteria: perimeter mikronukleus bulat dan halus, terpisah dari nukleus utama, ukurannya kurang dari sepertiga diameter nukleus tetapi cukup besar untuk bisa dilihat baik bentuk maupun warnanya, mikronukleus berwarna ungu.

Pengambilan data dilakukan pada kedua kelompok yang dipapar dengan air pertambangan intan Cempaka dan PDAM Bandarmasih Banjarmasin pada jam ke-24, ke-48, dan ke-72. Gambaran eritrosit *Zebra fish* pada tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Gambaran Eritrosit *Zebra fish* pada Sediaan Apus Darah dengan Pewarnaan Giemsa 3%
A: Kelompok Media Air Pertambangan 24 Jam
B: Kelompok Media Air Pertambangan 48 Jam
C: Kelompok Media Air Pertambangan 72 Jam
D: Kelompok Media Air PDAM 24 Jam
E: Kelompok Media Air PDAM 48 Jam
F: Kelompok Media Air PDAM 72 Jam

Setelah dilakukan pengamatan pada preparat sediaan apus, ternyata tidak ditemukan mikronukleus pada kedua kelompok perlakuan, baik pada jam ke-24, ke-48, maupun ke-72. Hal ini menunjukkan bahwa paparan air pertambangan intan Cempaka selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam tidak menyebabkan terbentuknya mikronukleus pada *Zebra fish*. Tidak terbentuknya mikronukleus pada penelitian ini kemungkinan karena paparan air pertambangan ini adalah paparan akut, sehingga belum menyebabkan perubahan genetic. Paparan akut uji toksisitas in vivo, menurut pedoman uji toksisitas BPOM RI tahun 2014 adalah 24 jam. Ada pun dalam penelitian ini juga dilakukan paparan selama 48 dan 72 jam, hal ini menunjukkan bahwa faktor dosis bahan

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

polutan merkuri masih berada di bawah ambang batas sehingga tidak menyebabkan gangguan pada proses pembelahan sel.

Merkuri yang terdapat dalam limbah di perairan umum diubah oleh aktifitas mikroorganisme menjadi komponen methyl merkuri (CH3-Hg) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat disamping kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air. Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia, yang makan hasil tangkap hewan-hewan air tersebut. Putranto (2011) mengemukakan bahwa terjadinya proses akumulasi merkuri di dalam tubuh hewan air, karena kecepatan pengambilan merkuri (*up take rate*) oleh organisme air lebih cepat daripada proses ekskresinya.

Merkuri telah terbukti dalam menginduksi pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang diketahui menyebabkan kerusakan DNA di sel, yang dapat menginisiasi proses karsinogenik. Merkuri anorganik meningkatkan produksi ROS dengan membuat kegagalan pada fosforilasi oksidatif dan transpor elektron pada langkah ubikuinon-sitokromb5. Sebuah penelitian yang melibatkan merkuri sebagai agen genotoksik, stress oksidatif telah digambarkan memiliki mekanisme molekuler toksisitas. Jadi, merkuri telah terbukti menginduksi pembentukan ROS yang diketahui menyebabkan kerusakan DNA dalam sel, sebuah proses yang dapat menyebabkan inisiasi proses karsinogenik (Maulidah dkk., 2015).

Efek logam berat dalam air tehadap zebra fish dalam penelitian ini dapat berpengaruh terhadap fisik atau fungsi organ namun belum menunjukkan pengaruhnya terhadap kerusakan DNA terkait proses pembentukan eritrosit. Sebagaimana diketahui bahwa tempat terjadinya hemopoesis pada *Zebra fish* dewasa adalah di interstitium ginjal anterior dan posterior. Sel induk hemopoetik berada di stroma jaringan retikuloendotelial. Eritrosit berfungsi sebagai transport utama oksigen dan sedikit karbondioksida. Eritrosit ikan zebra berbentuk oval dan memiliki inti. Senyawa penyedia energi adenosin trifosfat (ATP) dibuat menggunakan metabolisme aerobik (Ellet and Lieschke 2010 dalam Menke *et al*., 2011). Paparan akut dan subkronik air yang diduga mengandung logam berat merkuri dalam hal ini tidak menunjukkan pengaruhnya terhadap proses hemopoeisis dalam penelitian ini.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian D'Costa *et.al*. (2018) memperlihatkan bahwa paparan pestisida organofosfat pada *Zebra fish* selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam dapat meningkatkan frekuensi munculnya mikronukleus dibandingkan dengan kontrol. Dalam penelitian tersebut selain melakukan pemaparan polutan dalam 3 kelompok waktu, juga ditetapkan dosis paparan polutan. Hal ini perlu dipertimbangkan selanjutnya untuk penelitian serupa agar dapat diukur dosis polutan terlarut dalam air. Menurut Chakarov *et. al.* (2014), perubahan genetik dapat terjadi karena faktor eksogen dan endogen. Dalam hal faktor eksogen seperti logam berat, perlu diperhatikan akumulasi efek dari logam berat dalam kurun waktu yang panjang hingga menyebabkan kerusakan DNA.

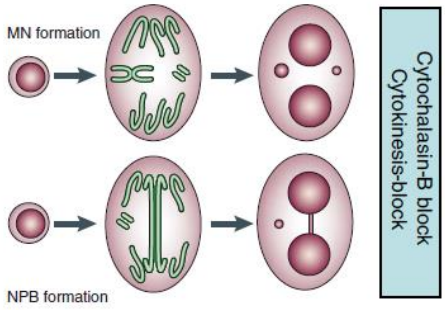
Mikronukleus adalah fragmen atau kromosom keseluruhan yang tidak mencapai kutub spindel pada saat mitosis dan tetap diproses pada tahap telofase menjadi nukleus yang terpisah. Mikronukleus terlihat secara mikroskopis, merupakan massa kromatin sitoplasmik yang berbentuk oval atau bulat. Mikronukleus merupakan nukleus tambahan berukuran kecil yang terbentuk oleh fragmen kromosom atau seluruh kromosom yang tertinggal pada waktu mitosis (Sellappa *et al*., 2009; Kasyap and Reddy, 2012).

Mikronukleus secara tidak langsung menggambarkan kerusakan kromosom atau gangguan mitosis.Mikronukleus berasal dari penyimpangan mitosis dan tersusun atas kromosom asentrik, fragmen kromatid atau keseluruhan kromosom yang gagal bergabung pada nukleus anak selama mitosis. Sebagian penyimpangan mitosis (peristiwa asimetris) menimbulkan fragmen kromosom tanpa sentromer yang disebut fragmen asentrik. Ketika sel membagi, beberapa fragmen ini dikeluarkan dari nukleus anak utama dan membentuk inti tambahan kecil dalam sitoplasma yang disebut mikronukleus (Sellappa *et al*., 2009; Kasyap and Reddy, 2012)

Mikronukleus berasal dari fragmen kromosom asentrik (tidak memiliki sentromer), fragmen kromatid asentrik, atau kromosom keseluruhan yang gagal membentuk anak nukleus pada mitosis tahap telofase karena tidak berikatan baik dengan spindel selama proses segregasi pada tahap anafase. Fragmen kromosom ini sering tertutup oleh membran nukleus dan secara morfologis sama dengan nukleus pada pewarnaan nukleus konvensional namun memiliki ukuran yang lebih kecil (Savage, 2000; Fenech, 2007; Larmarcovai *et.al*., 2008; Fenech *et al.,* 2011).

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980



Gambar 2. Pembentukan nikronukleus dan *nucleoplasmic bridges* (NPB). MN berasal dari seluruh kromosom yang tertinggal atau fragmen kromosom asentrik. *Nucleoplasic bridges* berasal dari kromosom disentrik yang disebabkan kegagalan perbaikan kerusakan DNA untai ganda atau fusi ujung telomere (Fenech, 2007).

Penelitian biologi radiasi menunjukkan bahwa kegagalan perbaikan DNA untai ganda yang rusak menyebabkan pertukaran fragmen kromosom dan kromatid simetris dan asimetris. Sebagian kecil fragmen kromosom asentrik dapat terbentuk dari DNA untai ganda yang rusak namun hal ini terjadi hanya jika beban kerusakan DNA melebihi kapasitas perbaikan sel dalam waktu tertentu. Kemungkinan kegagalan perbaikan DNA meningkat jika jalur perbaikan DNA rekombinan tidak berfungsi karena adanya kerusakan pada gen yang berhubungan seperti BCRA1 dan BCRA2. Kegagalan perbaikan DNA ini akan memacu pembentukan mikronukleus (Hartlerode and Scully, 2009). Mikronukleus juga dapat terbentuk dari material kromosom terfragmentasi saat NPB terbentuk, membentang, dan rusak selama telofase (Hoffelder *et al*., 2004; Holland *et. al.,* 2008).

Terdapat beberapa mekanisme molekuler yang dapat menyebabkan malagregasi kromosom pada tahap anafase yang memacu pembentukan mikronukleus. Salah satunya adalah hipometilasi urutan pengulangan sitosin sentromerik dan perisentromerik. Mekanisme lain yang akan meningkatkan mikronukleus adalah kerusakan pada pertemuan spindel mitosis, kerusakan *check point* mitosis dan amplifikasi sentrosom yang abnormal. Kromosom disentris yang berasal dari fusi ujung telomer dapat berperan dalam kegagalan agregasi. Hal ini dapat terjadi ketika sentromer kromosom disentrik ditarik ke kutub berlawanan pada sel selama anafase dengan kekuatan yang cukup untuk melepaskan kromosom dari spindel (Fenech *et al.*, 2011).

Paparan akut air pertambangan intan Cempaka pada penelitian ini tidak menunjukkan adanya toksisitas terhadap pembelahan sel. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian paparan kronik air pertambangan intan Cempaka untuk melihat efek pada kerusakan DNA yang menyebabkan terbentuknya mikronukleus.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini disimpulkan bahwa paparan air pertambangan intan Cempaka selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam tidak mempengaruhi jumlah mikronukleus eritrosit *Zebra fish*. Dengan demikian disarankan untuk melakukan penelitian paparan kronik pemberian air pertambangan intan Cempaka terhadap mikronukleus *Zebra fish.*

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

Babaei, F. et al. (2013). Novel Blood Collection Method Allows Plasma Proteome Analysis from Single Zebrafish. Journal of proteome research. (online) diakses tanggal 10 Agustus 2020. https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/pr3009226.

Bakar, S.N.N.A., Ashriya, A., Shuib, A.S., & Razak, S.A. (2014). Genotoxic Effect of Zinc and Cadmium Following Single and Binary Mixture Exposures in Tilapia (Oreochromis niloticus) Using Micronucleus Test (Kesan Genotoksik Zink dan Cadmium Secara Tunggal dan Campuran Binari dalam Ikan Tilapia (Oreochromis niloticus) dengan Menggunakan Ujian Mikronukleus). Sains Malaysiana. 43 (7): 1053–1059.

Çavas, T. (2008). In Vivo Genotoxicity of Mercury Chloride and Leadacetate: Micronucleus Test on Acridine Orange Stained Fishcells. Food Chem Toxicol. 46: 352-358.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

p-ISSN 2623-1611
e-ISSN 2623-1980

Chakarov, S., Petkova, R., Russev, G.C., & Zhelev, N. (2014). DNA damage and mutation. Types of DNA damage. BioDiversity. 11 (11): 1

D'Costa, A.H., Shyama, S.K., Kumar, M.K.P., & Fernandes, T.M. (2018). Induction of DNA Damage in the Peripheral Blood of Zebrafish (Danio rerio) by an Agricultural Organophosphate Pesticide, Monocrotophos. Int Aquat Res. 10: 243–251

Fenech, M. (2007). Cytokenesis-Block Micronucleus Cytome Assay. Nature Protocols. 2 (5): 1084-1104.

Fenech, M. et al. (2011). Molecular Mechanisms of Micronucleus, Nucleoplasmic Bridge and Nuclear Bud Formation in Mammalian and Human Cells. Mutagenesis. 26 (1): 125-132.

Hartledore, A.J. & Scully, R. (2009). Mechanisms of Double-Strand Break Repair in Somatic Mammalian Cells. Biochem J. 423 (2): 157-168.

Hoffelder, D.R., Luo, L., Burke, N.A., Watkins, S.C., Gollin, S.M., & Saunders, W.S. (2004). Resolution of Anaphase Bridges in Cancer Cells.Chromosoma. 112: 389-397.

Holland, N. et al. (2008). The Micronucleus Assay in Human Buccal Cells as a Tool for Biomonitoring DNA Damagr: The Human Project Perspective on Current Status and Knowledge Gap. Mutat Res. 659 (1-2): 93 – 108.

Kasyap, B. & Reddy, P.S. (2012). Micronuclei Assay of Exfoliated Oral Buccal Cells: Means to Asses the Nuclear Abnormalities in Different Diseases.Journal of Cancer Reseach and Therapeutics. 8 (2): 184-191.

Krishna, G. & Hayati, M. (2000). In Vivo Rodent Micronucleus Assay: Protocol, Conduct and Data Interpretation. Mutation Res. 455 (1-2): 155-166.

Larmarcovai, G., Bonassi, S., Botta, A., Baan, R.A., & Orsiere, T. (2008). Genetic Polymorphisms and Micronucleus Formation: a Review of the Literature. Mutat Res. 658 (3):215-233.

Maulidah, Priatmadi, B.J., Asmawi, S., & Sofarini, D. (2015). Kajian Indeks Pencemaran Air pada Areal Pertambangan Rakyat Intan dan Emas di Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru. EnviroScienteae.11: 102-110.

Menke, A.L., Spitsbergen, J.M., Wolterbeek, A.P.M., & Woutersen, R.A. (2011). Normal Anatomy and Histology of the Adult Zebrafish.Toxicologic Pathology. 39: 759–775 (online) diakses tanggal 1 Agustus 2020. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/ 0192623311409597.

Prá, D., Guecheva, T., Franke, S.I.R., Knakievicz, T., Erdtmann, B., & Henriques, J.A.P. (2006). Toxicidade e geonotoxicidade dosulfato de cobre em planárias de água doce e camundongos. J Braz Soc Ecotoxicol. 2: 171-176.

Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair dari Kegiatan Industri (online).https://jdih.kalselprov.go.id/uploads/Pergub%20Kalsel%20No%2036%20THN%202008%20-20Perubahan%20No%2004%202007%20BMLC.pdf

Putranto, T.T. (2011). Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air Tanah. Teknik. 32 (1): 62 – 71.

Rangkuti, R.H., Suwarno, E., & Hsb, P.A.Z. (2012). Pengaruh Pemberian Monosodium Glutamat (MSG) pada Pembentukan Mikronukleus Sel Darah Merah Mencit. Journal of Pharmaceutics and Pharmacology. 1 (1): 29-36

Rasman & Saleh M. (2016). Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi pada Air Sumur Gali (Eksperimen). Higiene. 2 (3): 159 – 167

Reed, B. & Jennings, M. (2010). Guidance on the Housing and Care of Zebrafish, Danio rerio. Research Animals Department, Science Group, RSPCA (online), diakses tanggal 10 Agustus 2020. https://www.utep.edu/orsp/iacup/_Files/docs/guidelines/ZebrafishReference.pdf

Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P.S. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung. Analit. 1 (1): 36 – 45.

Ropi'ah, Asmawi, S., & Arifin P. (2017). Plankton sebagai Bioindikator Tingkat Kesuburan Kolong Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan. Aquatica. 1 (2): 99 – 118.

Russo, C., Rocco, L., Morescalchi, M.A., & Stingo, V. (2004). Assessment of Environmental Stress by the Micronucleus Test and the Comet Assay on the Genome of Teleost Populations from Two Natural Environments. Ecotoxicol Environ Safety. 57:168-174.

Savage, J.R.K. (2000). Micronuclei: Pitfalls and Problems. Atlas Genet Cytogenet Oncol Haematol. 2000. 4 (4): 229 – 233.

Sellappa, S., Balakrisnan, M., Raman, S., & Palanisamy, S. (2009). Induction of Micronuclei in Buccal Mucosa on Chewing a Mixture of Bettel Leaf, Areca Nut, and Tobacco. J Oral Sci. 51 (2): 289-292.

Their, R. et al. (2003). Interaction of Metal Salts with Cytoskeletal Motor Protein Systems. Toxicol Lett. 140 (41): 75-81.

Tolbert, P.E., Shy, C.M., & Allen, J.W. (1991). Micronuclei and Other Nuclear Anomalies in Buccal Smears: a Field Test in Snuff Users. Am J Epidemiol. 134: 840-850.

WHO. (1990). Methylmercury: Environmental Health Criteria. World Health Organization, Geneva, 140 pp

Wikipedia. (2020). Ikan Zebra. Website: https://id.wikipedia.org/wiki/Ikan_zebra. Diakses tanggal 10 Agustus 2020

William, W. (2017). Ikan Zebra (*Danio rerio*) dan Kegunaanya dalam Penelitian Fisiologi .J. Kedokt Meditek. 23 (64): 41 - 46.

Yulis, P.A.R. (2018). Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI). Orbital. 2 (1): 28 – 36.

Yuniarto, A., Elin, Y.S., Fidrianny, I., & Adnyana, I.K. (2017). Aplikasi Zebrafish (*Danio rerio*) pada Beberapa Model Penyakit Eksperimental. Media Pharmaceutica Indonesiana. 1 (3): 116 - 126.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat