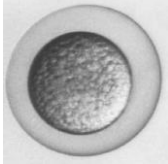
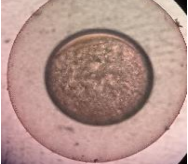

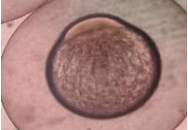


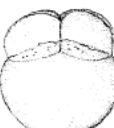
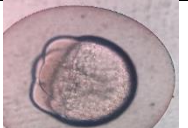



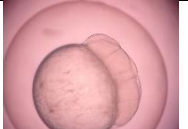
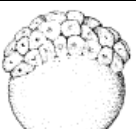


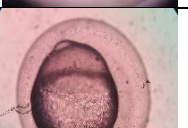



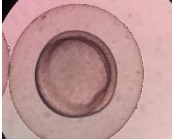
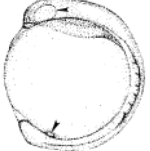
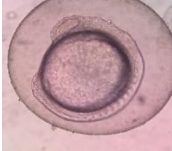
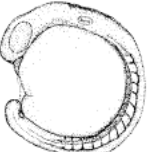

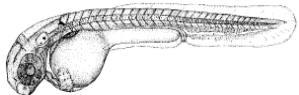

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perkembangan Embrio

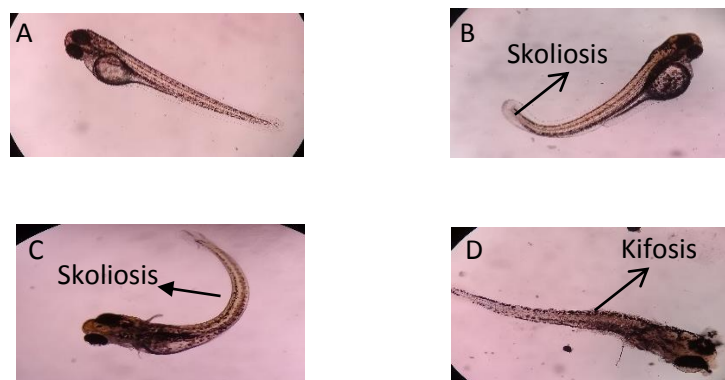
Proses embriogenesis telur ikan zebra selama penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkembangan Embrio Ikan Zebra (*D. rerio*)

No	Fase	Gambar Literatur (Kimmel et al. 1995)	Gambar Pengamatan
1	Zigot		
2	1 sel		
3	2 sel		
4	4 sel		
5	8 sel		
6	16 sel		
7	Morula		
8	Blastula		

9	Gastrula		
10	Neurula		
11	Organogenesis		
12	Menetas		

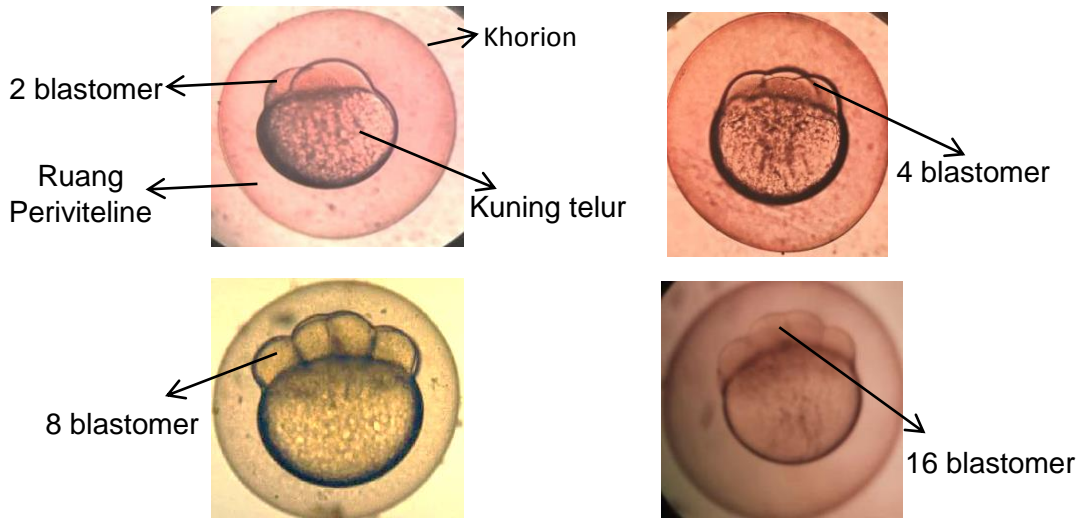
Pengaruh dari paparan MSG dengan waktu yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4. Menurut penelitian Elefteriou *et al* (2003), MSG dapat menyebabkan gangguan fungsi endokrin yang bertanggung jawab untuk pemeliharaan dari banyak sistem di dalam tubuh. Gangguan ini dapat memainkan peran dalam menyebabkan berbagai malformasi pada hewan yang uji menggunakan MSG termasuk perkembangan tulang yang kerdil dan perkembangan malformasi lainnya.



Gambar 4. Embrio Menetas Perlakuan A (36 jam); B (72 jam); C (108 jam); D (144 jam) (Dokumentasi Pribadi, 2018).

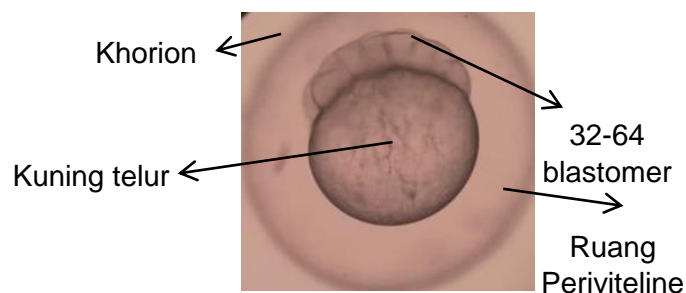
Pembelahan zigot merupakan stadia awal dari proses embriogenesis. Proses pembelahan zigot terjadi secara cepat menjadi unit-unit sel kecil yang

disebut blastomer. Stadia ini merupakan rangkaian mitosis yang terjadi secara berturut-turut. Pembelahan zigot berakhir dengan terjadinya morula dan blastomernya (Murtidjo, 2011).



Gambar 5. Pembelahan sel (2-16 blastomer) embrio ikan zebra (Dokumentasi Pribadi, 2018)

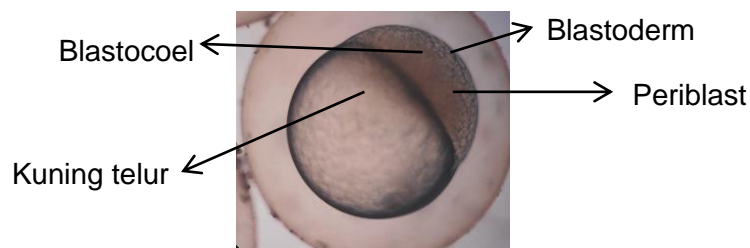
Lapisan-lapisan sel yang disebut sebagai blastoderm akan mulai terbentuk, diawali dengan terbentuknya satu lapisan sel disebut blastomer. Fase morula merupakan fase yang sangat sensitif bagi perkembangan embrio. Pada fase morula jumlah blastomer akan bertambah dan membuat ukuran sel semakin kecil. Jika terkena suatu gangguan, sel akan terguncang dan dapat mengakibatkan kematian pada embrio (Yanti, 2009).



Gambar 6. Stadia Morula Embrio Ikan Zebra (Dokumentasi Prbadi, 2014)

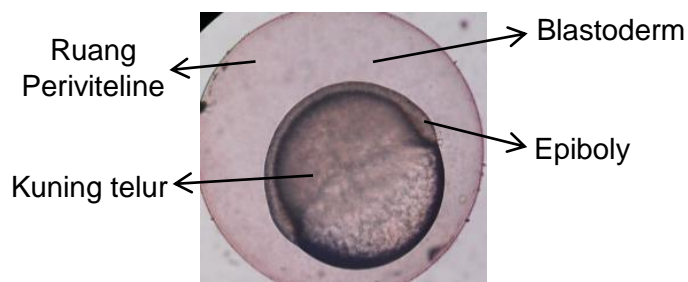
Menurut Effendie (2002), stadium blastula awal ialah stadium dimana sel-selnya terus mengadakan pembelahan dengan aktif sehingga ukuran sel-selnya

semakin kecil. Pada stadium ini terdapat dua macam sel yaitu sel formatif dan nonformatif. Sel formatif masuk ke dalam komposisi tubuh *embryonic* sedangkan sel nonformatif sebagai *trophoblast* yang ada hubungannya dengan nutrisi embrio. Pada saat stadium blastula ini terdapat daerah sel yang dapat diperkirakan atau dipetakan menjadi lapisan *ectoderm (epiblast)*, *endoderm (hypoblast)* dan *mesoderm (mesoblast)*. Gastrulasi merupakan proses pembelahan bakal organ yang sudah terbentuk saat blastulasi.



Gambar 7. Stadia Blastula Embrio Ikan Zebra (Dokumentasi Pribadi, 2018)

Menurut Murtidjo (2011), bagian-bagian yang terbentuk nantinya akan menjadi suatu organ atau suatu bagian dari organ. Stadia gastrulasi berakhir pada saat kuning telur telah tertutupi oleh lapisan sel. Beberapa jaringan *mesoderm* yang berada di sepanjang kedua sisi *notochord* disusun menjadi segmen-segmen yang disebut somit, yaitu ruas yang terdapat pada embrio.



Gambar 8. Stadia Gastrula Embrio Ikan Zebra (Dokumentasi Pribadi, 2018)

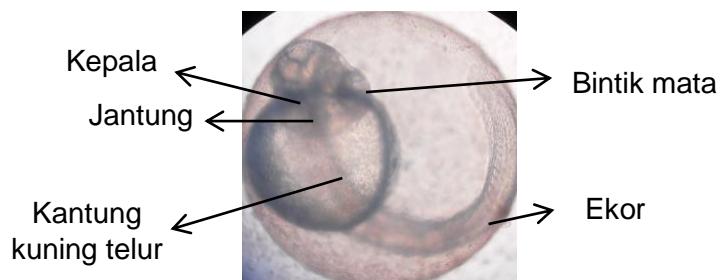
Menurut Hidayat (2015), ada beberapa tahapan perkembangan neurulasi yang sangat kompleks. Dimulai dari pembentukan lempeng neural (*neural plate*), *notochord* atau tali syaraf dorsalis embrio yang menginduksi ektoderm di atasnya sehingga sel-sel ektoderm ini menjadi panjang dan tebal dari sel-sel yang ada

disekitarnya yang akhirnya akan menjadi lempeng saraf. Kemudian pembentukan lekukan atau invaginasi (*neural fold*) yang disebabkan karena adanya pertumbuhan dan perbanyakan sel ektoderm epidermis lebih cepat daripada ektoderm neural, maka lapisan *neural plate* menjadi tertekan dan mengalami lekukan bagian dalam. Pada akhirnya terbentuk tabung neural dengan lubang yang disebut *neurucoel*. Pada proses perkembangan selanjutnya, tabung neural akan berkembang menjadi otak dan sumsum tulang belakang, saraf tepi otak dan tulang belakang.



Gambar 9. Stadia Neurula Embrio Ikan Zebra (Dokumentasi Pribadi, 2018)

Setelah melewati neurula kemudian perkembangan embrio dicirikan dengan munculnya bentuk ekor yang lebih jelas. Organogenesis merupakan proses pembentukan organ tubuh. Sel bakal organ yang telah berkembang sebelumnya pada tahap gastrulasi akan terbentuk lebih jelas pada tahap organogenesis. Pembentukan organ tubuh ini meliputi otak, mata, bagian alat pencernaan makanan dan kelenjarnya, dan sebagian kelenjar endokrin (Sari *et al.*, 2009).



Gambar 10. Stadia Organogenesis (Dokumentasi Pribadi, 2018)

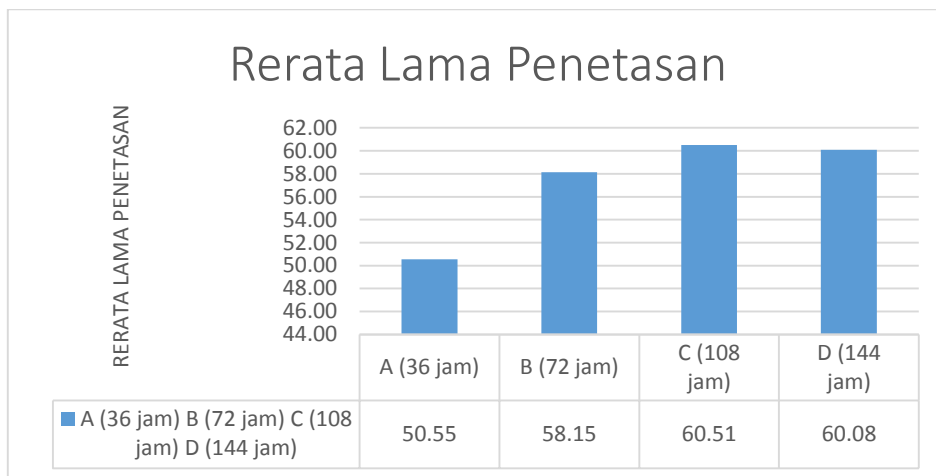
4.2 Pengaruh MSG Terhadap Lama Penetasan Embrio

Pemberian paparan MSG terhadap embrio ikan zebra (*D. rerio*) memberikan dampak terhadap keseluruhan fase. Salah satu dampak paparan MSG adalah terjadinya perbedaan waktu lama penetasan. Lama masing-masing perkembangan sampai dengan penetasan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata Lama Penetasan Embrio

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	50,03	51,07	50,56	151,66	50,55
B	59,8	57,03	57,61	174,44	58,15
C	59,03	60,83	61,67	181,53	60,51
D	61,03	59,03	60,18	180,24	60,08
Total				687,87	229,29

Berdasarkan Tabel 3. maka dapat dibentuk grafik untuk mengetahui hasil presentase daya tetas telur ikan zebra yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan MSG Terhadap Lama Penetasan Embrio

Berdasarkan Gambar 11. dapat diketahui bahwa penetasan dengan waktu yang paling lama diperoleh pada perlakuan C dengan lama paparan MSG 108 jam yaitu sebesar 60,51 jam. Selanjutnya untuk perlakuan D dengan lama paparan 144 jam menghasilkan lama penetasan sebesar 60,08 jam dan perlakuan B dengan lama paparan 72 jam menghasilkan lama penetasan sebesar 58,15 jam. Sedangkan lama penetasan tercepat pada perlakuan A dengan lama paparan 36

jam menghasilkan lama penetasan sebesar 50,55 jam. Sehingga dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu paparan yang diberikan maka semakin lama waktu embrio yang digunakan untuk menetas. Menurut Bhattacharya et al. (2011) pengaruh *Monosodium Glutamate* yang bersifat toksik memberikan suatu perubahan histologi pada hepar yang meliputi kerusakan inti hepatosit, terjadinya inflamasi, peningkatan diameter hepatosit yang bisa berpengaruh terhadap kadar biokimia fungsi hati tersebut. Hasil sidik ragam lama penetasan embrio ikan zebra yang diapapar menggunakan MSG dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sidik Ragam Lama Penetasan Embrio

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Fhitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	192,79	64,26	49,14**	4,07	7,59
Acak	8	10,46	1,31			
Total	11					

Keterangan: ** Berbeda Sangat Nyata

Hasil perhitungan dari sidik ragam pada Tabel 4. menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari F tabel 5% dan F tabel 1%, artinya perbedaan lama waktu perendaman MSG sangat berpengaruh terhadap lama penetasan embrio ikan zebra sehingga dapat dikatakan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 5.

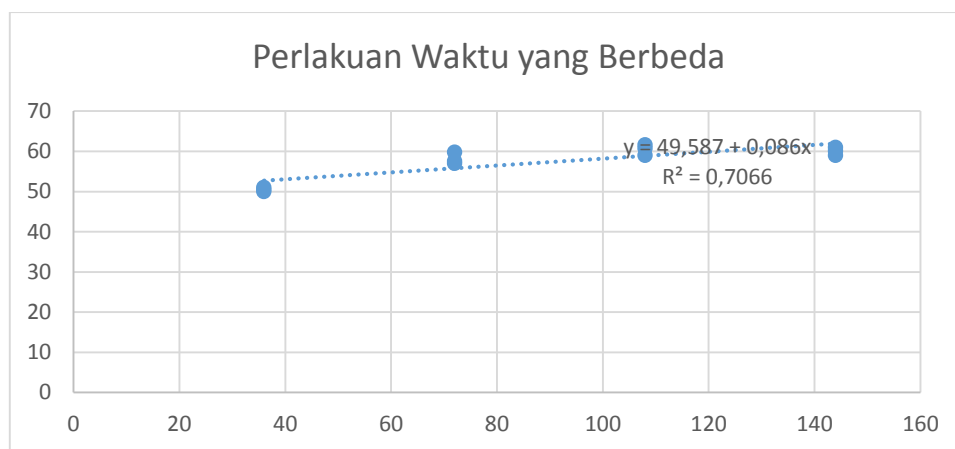
Tabel 5. Hasil Uji BNT Lama Penetasan Embrio

Rerata Perlakuan	A	B	D	C	Notasi
	50,55	58,15	60,08	60,52	
A 50,76	-	-	-	-	a
B 58,15	7,59**	-	-	-	b
D 60,08	9,53**	1,93 ^{ns}	-	-	b
C 60,51	9,96**	2,36*	0,43 ^{ns}	-	b

Keterangan: ^{ns} Tidak Berbeda Nyata; * Berbeda Nyata; ** Berbeda Sangat Nyata

Berdasarkan hasil uji BNT pada Tabel 6 diketahui bahwa perlakuan C (108

jam) menunjukkan nilai lama penetasan yang sangat tinggi dan perlakuan A (36 jam) menunjukkan nilai lama penetasan yang paling rendah. Apabila dibandingkan dengan perlakuan A dan B tidak memberikan pengaruh yang nyata. Namun perlakuan A dan B memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perlakuan D dan C. Sehingga didapatkan bahwa perlakuan C dengan lama paparan selama 108 jam merupakan perlakuan yang paling toksik. Menurut Mandiya *et al* (2017), MSG yang menembus otak janin dapat menyebabkan destruksi nukleus arkuata hipotalamus yang kemudian dapat memicu gangguan endokrin dan penurunan sekresi *growth hormone releasing Hormone* (GHRH) dan *growth hormone*. Monosodium glutamat bersifat eksitotoksik pada otak yang masih dalam tahap pembentukan dan perkembangan. Selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal untuk mendapatkan kurva regresi dan mengetahui hubungan antara lama perendaman MSG terhadap lama penetasan embrio ikan zebra.



Gambar 12. Kurva Regresi Lama Penetasan Embrio Ikan Zebra

Gambar 12. membentuk pola kurva kuadratik dengan persamaan $y = 49,587 + 0,086 \cdot X$ dengan nilai R (koefisien determinasi) = 0,7066.

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa waktu penetasan akan semakin lama seiring dengan semakin lamanya waktu yang digunakan dalam proses pemaparan. Menurut Sabri (2006) menyebutkan bahwa MSG yang

diberikan pada induk mencit yang sedang hamil dapat bersifat embriotoksik dan teratogenik.

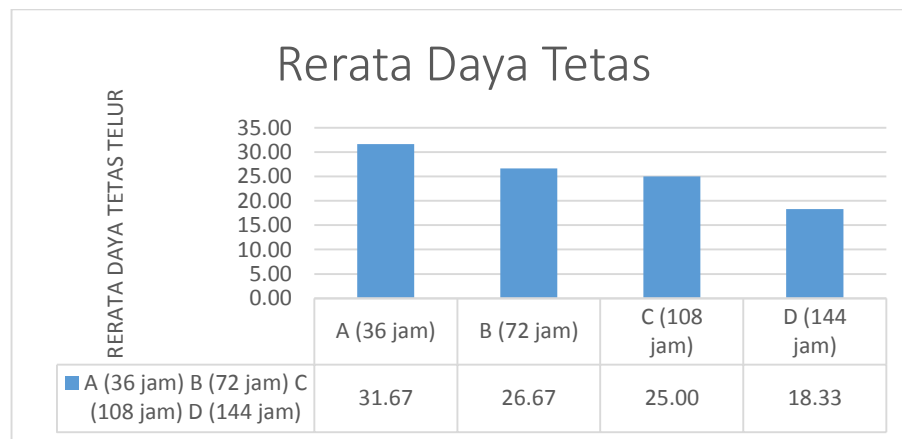
4.3 Hatching Rate (HR)

Paparan MSG terhadap perkembangan embrio ikan zebra (*D. rerio*) menghasilkan perbedaan nilai rata-rata terhadap keberhasilan penetasan. Hasil perhitungan derajat penetasan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Akumulasi Data Daya Tetas (HR)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata (%)
	1	2	3		
A	30	35	30	95	31,67
B	25	30	25	80	26,67
C	25	25	25	75	25,00
D	15	20	20	55	18,33
Total				305	101,67

Berdasarkan Tabel 6. maka dapat dibentuk grafik untuk mengetahui hasil presentase daya tetas telur ikan zebra yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan Lama Paparan MSG Terhadap Tingkat Daya Tetas Ikan Zebra (*D. rerio*)

Berdasarkan Gambar 13. dapat diketahui bahwa tingkat presentase daya tetas tertinggi diperoleh pada perlakuan A dengan lama paparan MSG 36 jam yaitu sebesar 31,67%. Selanjutnya untuk perlakuan B dengan lama paparan 72 jam menghasilkan presentase daya tetas telur sebesar 26,67%, dan perlakuan C

dengan lama paparan 108 jam menghasilkan daya tetas telur sebesar 25,00%. Sedangkan tingkat presentase daya tetas telur terendah sebesar 18,33% pada perlakuan D dengan lama paparan 144 jam. Monosodium Glutamat juga berpengaruh terhadap fertilitas pada hewan coba, baik jantan maupun betina. Pada jantan, MSG terbukti menginduksi penurunan berat prostat, menurunkan berat kelenjar hipofisis, kelenjar thyroid, kelenjar adrenal, MSG juga menginduksi peningkatan Luteneizing Hormone (Megawati, 2005). Hasil sidik ragam daya tetas telur ikan zebra yang dipapar dengan MSG pada waktu yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Sidik Ragam Daya Tetas Telur Ikan Zebra (*D. rerio*)

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Fhitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	272,92	90,97	14,56**	4,07	7,59
Acak	8	50,00	6,25			
Total	11					

Keterangan: ** Berbeda Sangat Nyata

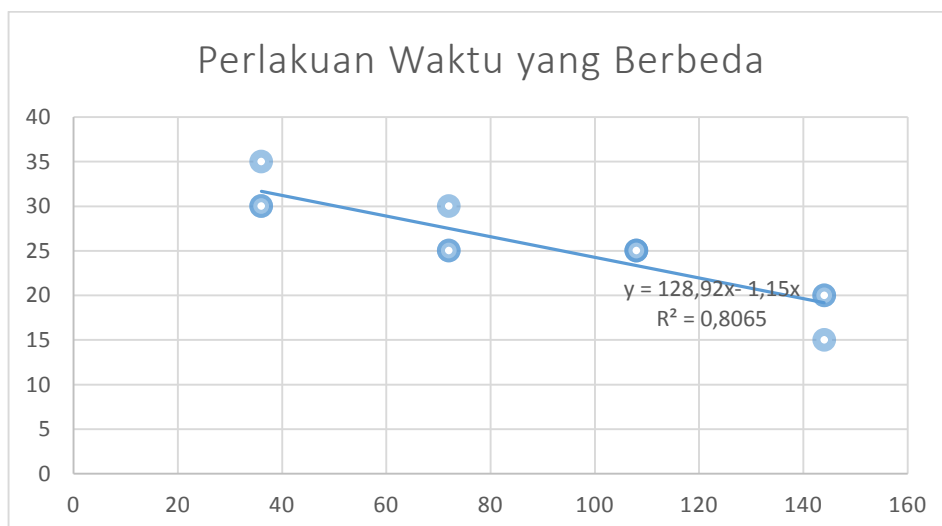
Hasil perhitungan dari sidik ragam pada Tabel 8 menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari F tabel 5% dan F tabel 1%, artinya perbedaan lama waktu perendaman MSG sangat berpengaruh terhadap daya tetas telur ikan zebra sehingga dapat dikatakan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji BNT Daya Tetas Telur Ikan Zebra (*D. rerio*)

Rerata Perlakuan	D	C	B	A	Notasi
	18,33	25,00	26,67	31,67	
D 18,33	-	-	-	-	a
C 25,00	6,67*	-	-	-	b
B 26,67	8,33**	1,67 ^{ns}	-	-	b
A 31,67	13,33**	6,67*	5,00 [†]	-	c

Keterangan: ^{ns} Tidak Berbeda Nyata; * Berbeda Nyata; ** Berbeda Sangat Nyata

Berdasarkan hasil uji BNT pada Tabel 8. diketahui bahwa perlakuan A (36 jam) menunjukkan nilai daya tetas yang paling tinggi dan perlakuan D (144 jam) menunjukkan nilai daya tetas yang paling rendah. Apabila dibandingkan dengan perlakuan B dan C tidak memberikan pengaruh yang nyata. Namun perlakuan B dan C memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perlakuan D dan A. Sehingga didapatkan bahwa perlakuan D dengan lama paparan selama 144 jam merupakan perlakuan yang paling toksik. Hal ini menunjukkan semakin lamanya waktu paparan maka akan semakin menurun tingkat daya tetas pada telur yang dipapar. Menurut Abdulgani (2001), bahan toksik dapat mempengaruhi fase perkembangan embrio hewan perairan pada saat gastrula, awal neurula dan fase organogenesis. Abdelkader et al (2012), MSG pada dosis tinggi (100 μ /ml) dapat menyebabkan gangguan endokrin dan dapat juga menyebabkan pertumbuhan skeletal yang terhambat pada embrio yang sedang tumbuh. Selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal untuk mendapatkan kurva regresi dan mengetahui hubungan antara lama perendaman MSG terhadap daya tetas telur ikan zebra seperti yang disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kurva Regresi Daya Tetas Ikan Zebra (*D. rerio*)

Gambar 14. menunjukkan rendahnya daya tetas telur pada perlakuan D

dengan lama paparan sebesar 144 jam. Gambar diatas membentuk pola kurva kuadratik dengan persamaan $y = 128,92 - 1,15.X$ dengan nilai R (koefisien determinasi) = 0,8065.

Menurut Aidil *et al.* (2016) telur ikan yang masih melekat pada substrat atau saling melekat antar telur satu dengan yang lainnya akan mengakibatkan rendahnya derajat penetasan. Selain itu penyebab kematian telur selama masa penetasan adalah oksigen terlarut yang tidak cocok, telur yang tidak terbuahi, gangguan mekanik seperti guncangan atau pergeseran

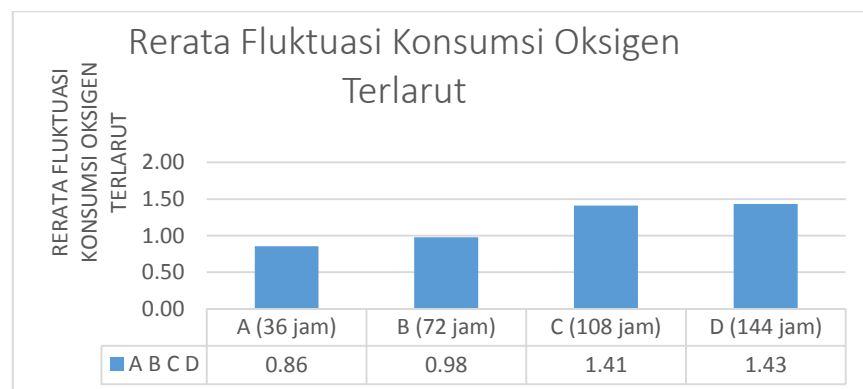
4.4 Fluktuasi Konsumsi Oksigen Terlarut dalam Media

Hasil pengamatan yang telah dilakukan didapatkan rata-rata fluktuasi konsumsi oksigen terlarut masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Fluktuasi Konsumsi Oksigen Terlarut Ikan Zebra (*D. rerio*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	0,75	0,87	0,95	2,57	0,86
B	0,93	0,91	1,09	2,93	0,98
C	1,47	1,39	1,37	4,23	1,41
D	1,47	1,41	1,42	4,3	1,43
Total				14,03	4,68

Berdasarkan Tabel 9. dibentuk grafik untuk mengetahui hasil dari fluktuasi konsumsi oksigen pada ikan zebra (*D. rerio*) pada Gambar 15.



Gambar 15. Fluktuasi Konsumsi Oksigen Terlarut Ikan Zebra (*D. rerio*)

Berdasarkan Gambar 14. dapat diketahui bahwa fluktuasi konsumsi

oksigen tertinggi diperoleh pada perlakuan D dengan lama paparan 144 jam yaitu sebesar 1,43 ppm. Selanjutnya untuk perlakuan C dengan lama paparan 108 jam menghasilkan fluktuasi konsumsi oksigen sebesar 1,41 ppm, dan perlakuan B dengan lama paparan 72 jam menghasilkan fluktuasi konsumsi oksigen sebesar 0,98 ppm. Sedangkan fluktuasi konsumsi oksigen terendah sebesar 0,86 ppm pada perlakuan A dengan lama paparan 36 jam. Oksigen terlarut yang tinggi dapat meningkatkan pembuahan telur, penetasan telur, dan kelulushidupan awal larva ikan. Pada saat proses penetasan, telur membutuhkan oksigen untuk kelangsungan hidupnya dan untuk mempengaruhi embrio (Effendi, 2000). Hasil sidik ragam fluktuasi konsumsi oksigen ikan zebra dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Sidik Ragam Fluktuasi Konsumsi Oksigen Terlarut pada Ikan Zebra (*D. rerio*)

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Fhitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,79	0,26	44,30**	4,07	7,59
Acak	8	0,05	0,01			
Total	11					

Keterangan: ** Berbeda Sangat Nyata

Hasil perhitungan dari sidik ragam pada Tabel 11. menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 11.

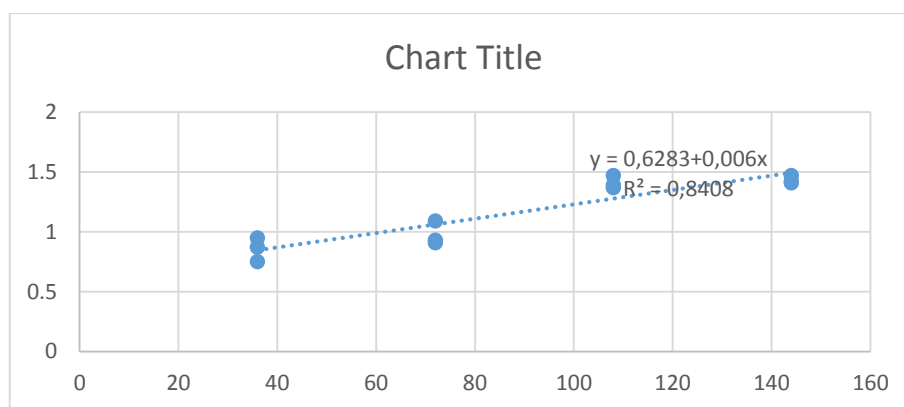
Tabel 11. Hasil Uji BNT Fluktuasi Konsumsi Oksigen Terlarut Ikan Zebra (*D. rerio*)

Rerata Perlakuan	A	B	C	D	Notasi
	0,86	0,98	1,41	1,43	
A 0,86	-	-	-	-	a
B 0,98	0,12 ^{ns}	-	-	-	a
C 1,41	0,55**	0,43**	-	-	b
D 1,43	0,58**	0,46**	0,02 ^{ns}	-	b

Keterangan: ^{ns} Tidak Berbeda Nyata; * Berbeda Nyata; ** Berbeda Sangat Nyata

Berdasarkan hasil uji BNT pada Tabel 12 diketahui bahwa perlakuan D

(144 jam) menunjukkan nilai fluktuasi konsumsi oksigen paling tinggi dan pada perlakuan A (36 jam) menunjukkan nilai fluktuasi konsumsi oksigen paling rendah. Apabila dibandingkan antara perlakuan A dan B tidak memberikan pengaruh yang nyata. Namun perlakuan C dan D memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perlakuan A dan B. Sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan D (144 jam) merupakan perlakuan paling toksik. Kurangnya oksigen tidak hanya memperlambat perkembangan embrio tetapi juga dapat menimbulkan kematian embrio. Jika oksigen rendah saat inkubasi telur maka akan mengakibatkan ukuran kuning telur lebih kecil dan lemah dibandingkan bila kandungan oksigen cukup tinggi (Effendi, 1985). Menurut Anurogo dan Ikrar (2014), ketika glutamat dalam jumlah yang banyak berkumpul di ruang sinaptik maka pompa ATP akan berusaha untuk mencegah akumulasi berlebihan glutamat. ATP juga bekerja untuk mengurangi kelebihan Ca_2^+ di dalam sel. Meningkatnya kebutuhan ATP berpengaruh pada kebutuhan oksigen. Selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal seperti yang disajikan pada Gambar 16.



Gambar 15. Hubungan Paparan Lama Perendaman MSG Terhadap Konsumsi Oksigen Terlarut yang Dibutuhkan

Perlakuan perendaman MSG terhadap konsumsi oksigen terlarut memberikan pengaruh yang sangat nyata dan membentuk kurva linier seperti pada Gambar 16. dengan persamaan $y = 0,6283 + 0,006 \cdot x$ dengan $R^2 = 0,8408$. Penyebab kematian telur selama masa pengeraman adalah oksigen terlarut,

temperature (suhu) yang tidak cocok, telur yang tidak terbuahi, gangguan mekanik seperti guncangan atau pergeseran (Heltonika, 2014).

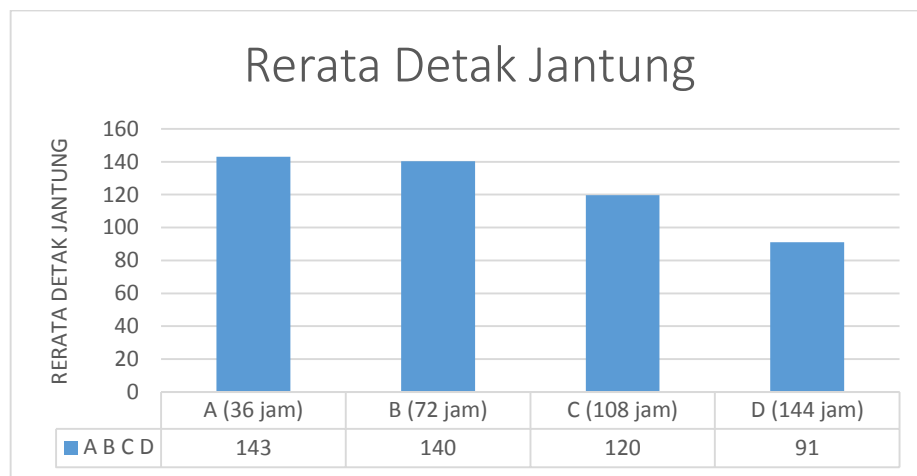
4.5 Detak Jantung

Hasil pengamatan yang telah dilakukan didapatkan rata-rata detak jantung masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Detak Jantung Ikan Zebra (*D. rerio*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	140	145	144	429	143,00
B	149	149	123	421	140,00
C	118	118	123	359	119,67
D	91	89	93	273	91,00
Total				1482	494

Berdasarkan Tabel 12. maka dapat dibentuk grafik untuk mengetahui hasil detak jantung pada ikan zebra (*D. rerio*) pada Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Detak Jantung Ikan Zebra (*D. rerio*)

Berdasarkan Gambar 17. dapat diketahui bahwa detak jantung tertinggi diperoleh pada perlakuan A dengan lama paparan 36 jam yaitu sebesar 143 detik/menit. Selanjutnya untuk perlakuan B dengan lama paparan 72 jam menghasilkan detak jantung sebesar 140 detik/menit dan perlakuan C dengan lama paparan 108 jam menghasilkan detak jantung sebesar 120 detik/menit. Sedangkan detak jantung terendah sebesar 91 detik/menit pada perlakuan D

dengan lama paparan 144 jam. Sehingga dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu paparan yang diberikan pada embrio, maka detak jantung pada embrio ikan zebra semakin menurun. Kondisi fisiologis ikan dapat diketahui melalui laju detak jantung yang menjadi indikator selama berenang. Jantung adalah organ yang pertama muncul saat perkembangan yang kemudian diikuti denyut yang semakin kencang. Laju detak jantung tersebut dapat mengekspresikan laju aliran darah, proses metabolisme dan respirasi pada ikan (Korsmeyer *et al.*, 1997). Selain itu laju detak jantung ikan ketika berenang juga dapat menggambarkan kemampuan dan tingkat stress pada ikan. Hasil sidik ragam detak jantung ikan zebra dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Sidik Ragam Detak Jantung pada Ikan Zebra (*D. rerio*)

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Fhitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	5203,67	1734,56	28,36**	4,07	7,59
Acak	8	489,33	61,17			
Total	11					

Keterangan: **Berbeda Sangat Nyata

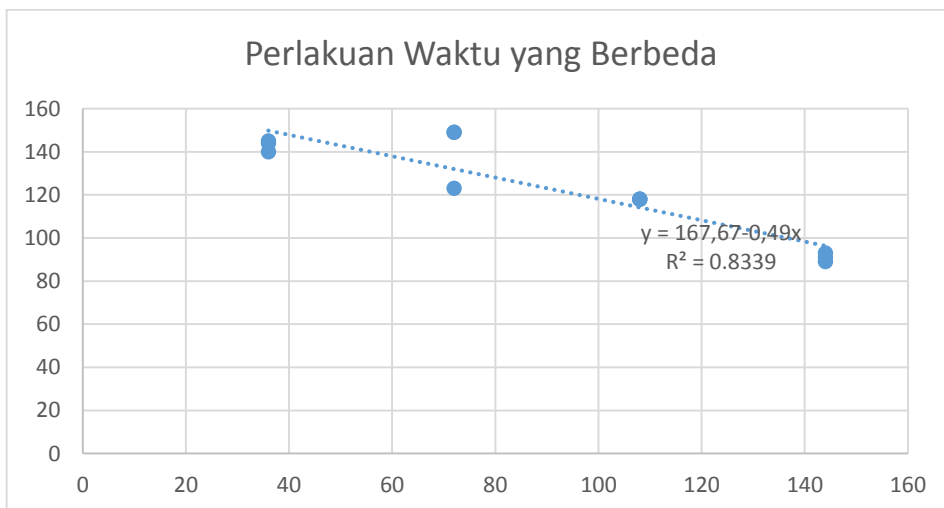
Hasil perhitungan dari sidik ragam menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari F tabel 5% dan F tabel 1%, artinya perbedaan lama waktu perendaman MSG sangat berpengaruh terhadap detak jantung perkembangan ikan zebra sehingga dapat dikatakan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji BNT Detak Jantung Ikan Zebra (*D. rerio*)

Rerata Perlakuan	D	C	B	A	Notasi
	91,00	119,67	140,33	143,00	
D	91,00	-	-	-	a
C	119,67	28,67**	-	-	b
B	140,33	49,33**	20,67*	-	c
A	143,00	52,00**	23,33**	2,67 ^{ns}	c

Keterangan: ^{ns} Tidak Berbeda Nyata; * Berbeda Nyata; ** Berbeda Sangat Nyata

Berdasarkan hasil uji BNT pada Tabel 14. diketahui bahwa perlakuan A (36 jam) menunjukkan nilai detak jantung paling tinggi dan pada perlakuan D (144 jam) menunjukkan nilai detak jantung paling rendah. Apabila dibandingkan antara perlakuan A dan B tidak memberikan pengaruh yang nyata. Namun perlakuan C dan K memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perlakuan A dan B. Sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan D (144 jam) merupakan perlakuan paling toksik. Hal ini menunjukkan semakin lamanya waktu perendaman maka semakin menurun detak jantung pada ikan zebra. Jantung merupakan organ yang pertama kali terbentuk pada ikan zebra dan memiliki kemiripan dengan embriogenesis pada manusia. Perkembangan jantung 24 *hpf* pada ikan zebra sebanding dengan usia 3 minggu intrauterin pada manusia. Kelainan yang banyak ditemukan pada organ jantung embrio ikan zebra ialah edema perikardial. Masuknya senyawa aktif dari minyak atsiri dan ekstrak n-heksana ke dalam kantung perikardial kemungkinan mengiritasi sel sehingga membengkak (Denvir *et al.*, 2008). Selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal seperti yang disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Kurva Regresi Detak Jantung Ikan Zebra (*D. rerio*)

Perlakuan perendaman MSG terhadap detak jantung memberikan pengaruh yang sangat nyata dan membentuk kurva linier seperti pada Gambar 18. dengan persamaan $y = 167,6 - 0,49.X$ dengan $R^2 = 0,8339$.

Anggraeni *et al.* (2014) melaporkan, pemaparan genistein (fitoestrogen) pada embrio ikan zebra menurunkan frekuensi denyut jantung dan menyebabkan edema perikardial. Genistein yang merupakan inhibitor tirosina kinase juga dapat memengaruhi aktivitas berbagai kanal ion baik melalui proses fosforilasi maupun ikatan langsung (Kim *et al.* 2009).

4.6 Kualitas Air

Tiap tahap perkembangan gonad dipengaruhi oleh faktor dalam yaitu umur dan sistem hormonal juga dipengaruhi oleh faktor luar yaitu suhu, kadar oksigen terlarut, pH dan alkalinitas (Tang dan Affandi, 2001). Kisaran kualitas air selama penelitian disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Kisaran Nilai Kualitas Air

Parameter	Kisaran	Literatur
Suhu (°C)	25,1 – 27,7	22 – 26 (Supriyanto, 2006)
Oksigen Terlarut (ppm)	2,96 – 4,74	1,00 – 5,00 (Welch, 1980)
pH	6,08 - 7,45	6,7 – 8,2 (Prihastuti <i>et al.</i> , 2013)

Berdasarkan Tabel 15. dapat diketahui bahwa kisaran suhu berada pada angka 25,1 – 27,7 °C, pH berkisar antara 5,08 – 5,45 dan DO berkisar antara 2,96 – 4,74. Kisaran kualitas air suhu dan DO selama penelitian masih sesuai dengan pendapat Supriyanto (2006) dan Prihastuti *et al.*, (2013).