

STRATEGI MITIGASI BENCANA HIDROMETEOROLOGI DI DAERAH MUARA SUNGAI AYUNG

I Gusti Agung Putu Eryani¹, A. A. Rai Sita Laksmi², Ni Made Ayu Gemuh Rasa Astiti³

¹ Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Warmadewa, Denpasar, 80239, Indonesia

² Program Studi Administrasi Publik, Universitas Warmadewa, Denpasar, 80239, Indonesia

³ Program Studi Peternakan, Universitas Warmadewa, Denpasar, 80239, Indonesia

Email: eryaniagung@gmail.com

ABSTRAK: Bencana hidrometeorologi adalah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa banjir, longsor, kerusakan ekosistem, degradasi lahan, angin puting beliung, dan kekeringan, yang dapat mengancam kehidupan masyarakat. Perubahan iklim yang terjadi saat ini, juga disinyalir menyebabkan meningkatnya bencana hidrometeorologi. Karakteristik muara yang khas yaitu pertemuan antara aliran sungai dan laut, meningkatkan potensi bencana hidrometeorologi. Oleh sebab itu perlu dilakukan mitigasi bencana hidrometeorologi di Muara Sungai Ayung untuk mengurangi dampak-dampak negatif yang dapat terjadi akibat kondisi hidrometeorologinya. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif. Data Meteorologi yang didapat dari data satelit digunakan untuk melihat karakteristik meteorologi di Muara Sungai Ayung. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa beberapa kondisi hidrometeorologi daerah muara Sungai Ayung menunjukkan potensi bencana hidrometeorologi, seperti peningkatan kecepatan angin maksimum yang mencapai 1,5 kali kecepatan rata-ratanya, terjadi peningkatan temperatur yang berkisar 6-8°C dari temperatur rata-ratanya dan kondisi curah hujan harian ada yang mencapai lebih dari 100 mm/hari. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan di Muara Sungai Ayung dapat dilakukan dengan banyak tindakan seperti structural, non structural dan solusi berbasis alam potensial (pendekatan infrastruktur biru, hijau dan *hybrid*).

Kata kunci: Mitigasi bencana, Hidrometeorologi, Muara Sungai

HYDROMETEOROLOGICAL DISASTER MITIGATION STRATEGY IN AYUNG RIVER ESTUARY

ABSTRACT: A hydrometeorological disaster is an event or series of floods, landslides, ecosystem damage, land degradation, hurricanes, and droughts, which can threaten people's lives. The current climate change is also allegedly causing an increase in hydrometeorological disasters. The distinctive characteristic of the estuary is the confluence of river and sea flows, increasing the potential for hydrometeorological disasters. Therefore, it is necessary to mitigate hydrometeorological disasters in the Ayung River Estuary to reduce the negative impacts that can occur due to hydrometeorological conditions. This research is a descriptive quantitative research. Meteorological data obtained from satellite data is used to see the meteorological characteristics of the Ayung River Estuary. Based on the results of the analysis, it is known that several hydrometeorological conditions in the Ayung River estuary area show potential hydrometeorological disasters, such as an increase in maximum wind speed reaching 1.5 times the average speed, an increase in temperature ranging from 6-8°C from the average temperature and conditions There is daily rainfall that reaches more than 100 mm/day. Mitigation efforts that can be carried out in the Ayung River Estuary can be carried out with many actions such as structural, non-structural and potential nature-based solutions (blue, green and hybrid infrastructure approaches).

Keywords: Disaster mitigation, Hydrometeorology, Estuary

PENDAHULUAN

Muara sungai adalah bagian paling hilir dalam suatu system sungai. Muara sungai juga merupakan daerah pertemuan antara air tawar yang berasal dari sungai dan air dengan salinitas tinggi yang berasal dari laut (Eryani and Yujana, 2018; Barus et al., 2020). Di daerah muara juga terjadi pertemuan antara arus sungai dan arus pasang surut dari laut. Hal ini menyebabkan karakteristik khusus untuk daerah muara seperti sedimentasi yang berubah-ubah dan mengubah morfologi muara sungai (Huang et al., 2018; Mathew and Winterwerp, 2020).

Bencana hidrometeorologi adalah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa banjir, longsor, kerusakan ekosistem, degradasi lahan, angin puting beliung, dan kekeringan, yang dapat mengancam kehidupan masyarakat. Adapun faktor alam dan manusia merupakan faktor yang mempengaruhi bencana hidrometeorologi (Siboro, 2021).

Perubahan iklim merupakan factor yang menyebabkan peningkatan bencana hidrometeorologi seperti banjir, tanah longsor dan puting beliung. Saat ini banjir merupakan masalah yang juga menjadi perhatian utama di banyak wilayah di banyak negara (World Bank, 2013; Qin et al., 2020; McCarl et al., 2021).

Dengan karakteristik muara yang khas yaitu pertemuan antara aliran sungai dan laut, meningkatkan potensi bencana hidrometeorologi seperti banjir rob dan gelombang pasang yang dapat terjadi.

Oleh sebab itu perlu dilakukan mitigasi bencana hidrometeorologi di Muara Sungai Ayung untuk mengurangi dampak-dampak negatif yang dapat terjadi akibat kondisi hidrometeorologinya (Eryani and Jayantari, 2021).

METODE

Lokasi Penelitian

Sungai Ayung bermuara pada Pantai Padang Galak, Desa Kesiman Petilan, Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar, Provinsi Bali. Di sekitar muara sungai terdapat Pura Dalem Segara yang menjadi objek wisata religious yang banyak dikunjungi oleh masyarakat

sekitar dan wisatawan yang ingin melakukan prosesi pembersihan diri (melukat). Selain adanya pura, disekitar daerah muara Sungai Ayung juga terdapat beberapa sawah dan perumahan seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Muara Sungai Ayung

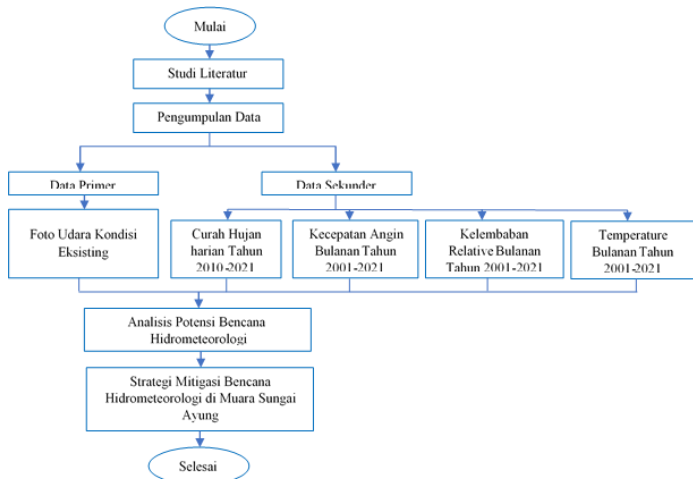
Data Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa kondisi eksisting muara sungai didapatkan dari observasi secara langsung ke lokasi.

Sedangkan data sekunder yang diperlukan berupa data meteorology bulanan berupa hujan, angin dan temperatur yang didapat dari NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) yang dapat didownload pada <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Data kelembaban, temperatur dan kecepatan angin berupa data bulanan dari tahun 2001-2021. Sedangkan data hujan digunakan hujan harian dari Tahun 2010-2021. Data satelit model ini telah terbukti cukup akurat dalam menyediakan data meteorologi di wilayah yang jarang atau tidak memiliki data yang cukup.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif. Data Meteorologi yang didapat dari data satelit digunakan untuk melihat karakteristik meteorologi di Muara Sungai Ayung. Berdasarkan data ini dapat dilihat potensi bencana hidrometeorologi yang mungkin terjadi di Muara Sungai Ayung dan dari potensi bencana hidrometeorologi dan dapat disusun model strategi mitigasi bencana berbasis masyarakat.



Gambar 2. Tahapan Analisis Data

HASIL DAN PEMBAHASAN
Kondisi Muara Sungai Ayung

Cuaca buruk menyebabkan gelombang tinggi di perairan Bali. Di pantai Padanggalak, Denpasar, Bali, ombak tinggi merusak sejumlah bangunan di sekitar pantai. Ada 5 warung yang rusak akibat terjangan gelombang tinggi (Astika, 2018).



Gambar 3. Muara Sungai Ayung dari Foto Udara Tahun 2019



Gambar 4. Muara Sungai Ayung dari Foto Udara Tahun 2022

Berdasarkan foto udara tahun 2019 (Gambar 3) dan tahun 2022 (Gambar 4), dapat dilihat terjadi perubahan bentuk mulut muara Sungai

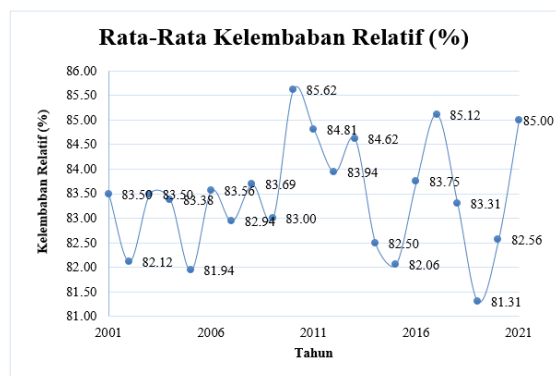
Ayung telah mengalami perubahan. Dimana saat ini berdasarkan foto udara tahun 2022 dapat dilihat terjadi sedimentasi yang cukup besar di mulut muara yang menyebabkan tertutupnya mulut muara. Hal ini dapat menjadi peningkatan potensi banjir pada daerah hilir Sungai Ayung.

Pada foto udara tahun 2019 dapat diketahui bahwa debit sungai besar sehingga meskipun ada gerakan gelombang yang besar, sedimen akan tetap mengalir dari aliran sungai ke laut, sedangkan pada foto udara tahun 2022, terlihat bahwa debit aliran sungai kecil sehingga dimulut muara didominasi oleh gerakan gelombang, sehingga sedimen banyak menumpuk di mulut muara dan tidak dapat terbawa ke laut.

Kondisi Hidrometeorologi Muara Sungai Ayung

1. Kelembaban Relatif (%)

Kelembaban menyatakan jumlah uap air di udara. Semakin banyak uap air di udara maka akan semakin tinggi kelembabannya (Choi et al., 2019; Zhu et al., 2020). Kelembaban relatif adalah pengukuran banyaknya uap air sebenarnya di udara yang dihitung dengan presentase antara jumlah maksimum uap air di udara yang dapat bertahan pada suhu yang sama. Nilai kelembaban relatif yang tinggi dapat dikaitkan dengan badai. Udara dengan kadar air yang tinggi diperlukan untuk menyebabkan badai (Efendi, 2019).



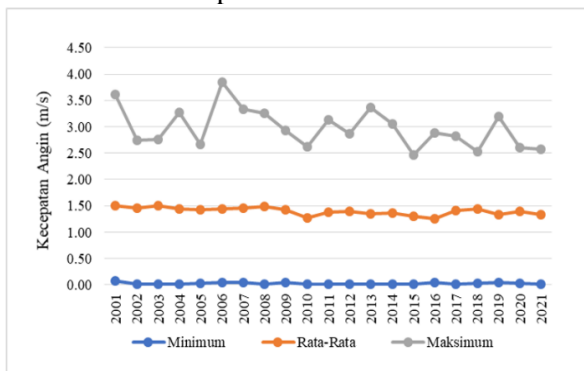
Gambar 5. Tren Rata-Rata Kelembaban Relatif Tahun 2001-2021

Selama 20 tahun dari tahun 2001 sampai 2021, nilai maksimum rata-rata relatif humidity selama 20 tahun adalah 85,62% dengan nilai minimum rata-rata relatif humidity sebesar 81,31% seperti pada Gambar 5. Dari tahun 2001 sampai 2009 perbedaan rata-rata relatif

humidity tidak terlalu signifikan, sedangkan dari tahun 2010-2021 perbedaan rata-rata afrage relatif humidity terjadi secara cukup signifikan berfluktuasi. Semakin besar nilai kelembaban relatif maka potensi terjadinya hujan atau badai akan semakin meningkat.

2. Kecepatan Angin (%)

Kecepatan angin dapat membangkitkan gelombang. Semakin besar kecepatan angin maka gelombang laut yang terbentuk akan semakin tinggi (Meucci et al., 2018; Pandit et al., 2020). Semakin tinggi gelombang dapat menjadi bencana bagi masyarakat yang tinggal disekitar daerah pesisir.

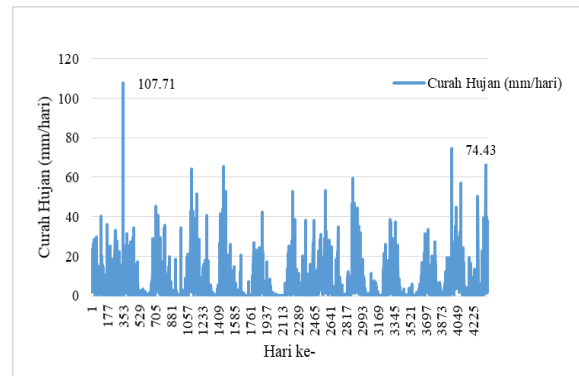


Gambar 6. Tren Kecepatan Angin Maksimum, rata-rata dan Minimum Tahun 2001-2021

Rata-rata kecepatan angin bulanan di daerah Muara Sungai Ayung dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat tren kecepatan angin maksimum rata-rata bulanan memiliki tren yang lebih berfluktuasi dibandingkan kecepatan minimum dan rata-ratanya. Kecepatan angin maksimum rata-rata bulanan dari tahun 2001 sampai 2021 berkisar antara 2,46 sampai 3,84 m/s. sedangkan rata-rata berkisar antara 1,25 sampai 1,51 m/s hal ini menunjukkan bahwa kecepatan maksimum yang terjadi bisa sampai 1,5 kali dari kecepatan rata-ratanya.

3. Curah Hujan (mm/bulan)

Perubahan pola curah hujan menjadi bahaya langsung akibat perubahan iklim. Perubahan pola curah hujan juga menyebabkan kejadian iklim ekstrim dan menjadi penyebab bencana hidrometeorologi seperti banjir (Rejekiingrum, 2014; Schilling et al., 2020)

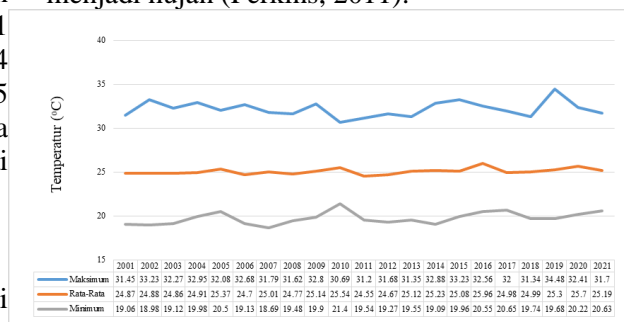


Gambar 7. Tren Curah Hujan harian Tahun 2010-2021

Terlihat pada Gambar 7 tren hujan harian dari tahun 2010-2021. Dari grafik tren tersebut terlihat pernah terjadi hujan harian diatas 100 mm/hari yaitu mencapai 107,71 mm/hari yang sudah termasuk kejadian ekstrim (Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III, 2022). Kejadian hujan ekstrim ini sangat mungkin meningkatkan potensi bencana yang terjadi di daerah muara Sungai Ayung.

4. Temperatur (°C)

Temperatur berpengaruh terhadap evaporasi yang terjadi. Semakin tinggi temperatur udara maka akan menyebabkan evaporasi yang lebih tinggi hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur udara akan sejalan dengan peningkatan kemampuan udara untuk menyerap uap air. Setiap kenaikan suhu 1°C, udara dapat mengandung sekitar 7% lebih banyak uap air, yang dapat mengembun menjadi hujan (Perkins, 2011).



Gambar 8. Tren Temperatur Maksimum, rata-rata dan Minimum Tahun 2001-2021

Rata-rata temperatur bulanan di daerah Muara Sungai Ayung dapat dilihat pada

Gambar 8. Terlihat tren temperatur maksimum rata-rata bulanan dari tahun 2001 sampai 2021 berkisar antara 30,69 °C sampai 34,48°C, sedangkan rata-rata berkisar antara 24,55 °C sampai 25,96°C, hal ini menunjukkan bahwa temperatur maksimum yang terjadi bisa meningkat 6-8°C dari temperatur rata-ratanya.

Potensi Bencana Hidrometeorologi di Muara Sungai Ayung

Kejadian peningkatan kecepatan angin maksimum yang bisa mencapai 1,5 kali dari kecepatan rata-ratanya dapat menjadi salah satu potensi peningkatan tinggi gelombang disekitar muara yang dapat menjadi bahaya gelombang pasang dan jika hal tersebut terkjadi bersamaan dengan debit sungai yang besar dapat menyebabkan terjadinya banjir rob disekitar daerah muara.

Kemudian selain peningkatan kecepatan angin yang terjadi, di daerah Muara Sungai Ayung juga terjadi peningkatan temperatur yang berkisar 6-8°C dari temperatur rata-ratanya. Sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan kenaikan 1°C dapat mengandung 7% lebih banyak uap air mengindikasikan dengan meningkatkan suhu dapat meningkatkan potensi hujan yang terjadi dan bukan tidak mungkin menyebabkan banjir.

Selain kecepatan angin dan peningkatan temperatur, curah hujan yang terjadi di daerah Muara Sungai Ayung juga meningkatkan potensi bahaya hidrometeorologinya, dapat dilihat pada Gambar 7, pada hujan hariannya pernah mencapai lebih dari 100 mm/hari yang dapat menyebabkan kejadian ekstrim seperti banjir.

Strategi Mitigasi Bencana Hidrometeorologi di Muara Sungai Ayung

Upaya mitigasi yang dapat dilakukan di Muara Sungai Ayung dapat dilakukan dengan banyak tindakan seperti structural, non structural dan solusi berbasis alam potensial (pendekatan infrastruktur biru, hijau dan *hybrid*). Untuk mitigasi secara structural dapat dilakukan dengan cara rehabilitasi tanggul sungai yang rusak, penggunaan bangunan pengaman pantai seperti revetment yang menjaga daerah dari gelombang tinggi, bangunan pengelola sedimen seperti jetty untuk menjaga agar mulut muara tidak tertutup oleh sedimen yang meningkatkan potensi banjir. Kemudian dari

segi non-struktural dapat dilakukan dengan menyediakan data prakiraan cuaca ekstrim dan peringatan dini, perencanaan penggunaan lahan, zonasi banjir, layanan darurat, penanggulangan banjir dan tindakan rehabilitasi evakuasi pasca bencana serta sosialisasi masyarakat tanggap bencana, Mitigasi dengan pendekatan hijau, biru dan *hybrid* dapat dilakukan dengan restorasi lahan basah, penanaman pohon, restorasi sungai, serta menjaga kebersihan sungai untuk mengurangi potensi banjir. Dengan upaya mitigasi yang dilakukan diharapkan dapat mengurangi dampak negatif bencana hidrometeorologi yang terjadi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya adalah beberapa kondisi hidrometeorologi daerah muara Sungai Ayung menunjukkan potensi bencana hidrometeorologi, seperti peningkatan kecepatan angin maksimum yang mencapai 1,5 kali kecepatan rata-ratanya, terjadi peningkatan temperatur yang berkisar 6-8°C dari temperatur rata-ratanya dan kondisi curah hujan harian ada yang mencapai lebih dari 100 mm/hari. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan di Muara Sungai Ayung dapat dilakukan dengan banyak tindakan seperti structural, non structural dan solusi berbasis alam potensial (pendekatan infrastruktur biru, hijau dan *hybrid*). Dengan upaya mitigasi yang dilakukan diharapkan dapat mengurangi dampak negatif bencana hidrometeorologi yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astika, N. 2018. Gelombang Tinggi Terjang Bangunan Di Pantai Padanggalak Bali. *DetikNews*, .
- Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III. 2022. Informasi Iklim Ekstrim Wilayah Bali. [cited Available from: URL: <http://balai3.denpasar.bmkg.go.id/info-iklim-ektrim>
- Barus, B.S., Pratama, M.A.P., Putri, W.A.E. 2020. Perubahan Garis Pantai Di Perairan Muara Banyuasin Kaitannya Dengan Sedimentasi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1): 107–118.
- Choi, H., Moon, T., Jung, D.H., Son, J.E. 2019.

- Prediction of Air Temperature and Relative Humidity in Greenhouse via a Multilayer Perceptron Using Environmental Factors. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 28(2): 95–103.
- Efendi, Z. 2019. Pengaruh Kelembaban Relatif (Relative Humidity) Terhadap Laju Perpindahan Massa Pada Proses Pengeringan.
- Eryani, I. G. A. P., Jayantari, M.W. 2021. Mapping of Flood Vulnerability and Mitigation Strategy of Unda River Basin Using Geographical Information System. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 10(10): 53–61.
- Eryani, I Gusti Agung Putu, Yujana, C.A. 2018. Pengelolaan Dan Pengembangan Sumber Daya Air Di Muara Sungai Ayung Provinsi Bali Berbasis Kearifan Lokal. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 12*, (September): 83–90.
- Huang, S., Yin, X., Zhao, X. 2018. The Effects of Saltwater Intrusion on Suspended Sediment Movement in Estuary. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 121(5): 0–6.
- Mathew, R., Winterwerp, J.C. 2020. Sediment Dynamics and Transport Regimes in a Narrow Microtidal Estuary. *Ocean Dynamics*, 70(4): 435–462.
- McCarl, B.A., Yu, C.H., Attavanich, W. 2021. Climate Change Impacts and Strategies for Mitigation and Adaptation in Agriculture. *Atmosphere*, 12(5): 1–20.
- Meucci, A., Young, I.R., Breivik, Ø. 2018. Wind and Wave Extremes from Atmosphere and Wave Model Ensembles. *Journal of Climate*, 31(21): 8819–8842.
- Pandit, R.K., Kolios, A., Infield, D. 2020. Data-Driven Weather Forecasting Models Performance Comparison for Improving Offshore Wind Turbine Availability and Maintenance. *IET Renewable Power Generation*, 14(13): 2386–2394.
- Perkins, S. 2011. *Rising Temperatures Bringing Bigger Floods*.
- L., Tarroja, B. 2020. Climate Change Impacts on Three Gorges Reservoir Impoundment and Hydropower Generation. *Journal of Hydrology*, 580(July 2019): 123922.
- RejekiNigrum, P. 2014. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sumberdaya Air: Identifikasi, Simulasi, Dan Rencana Aksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(1).
- Schilling, J., Hertig, E., Trambly, Y., Scheffran, J. 2020. Climate Change Vulnerability, Water Resources and Social Implications in North Africa. *Regional Environmental Change*, 20(1).
- Siboro, I.F. 2021. “Identifikasi Pengetahuan Masyarakat Terkait Penyebab Dan Mitigasi Bencana Hidrometeorologi Di Kabupaten Labuhanbatu Utara Provinsi Sumatera Utara.” Universitas Sumatera Utara.
- World Bank. 2013. *Climate change impacts on water resources and adaptation in the rural Water Supply and Sanitation sector in Nicaragua*. 1–39.
- Zhu, M., Liu, W., Wargoocki, P. 2020. Changes in EEG Signals during the Cognitive Activity at Varying Air Temperature and Relative Humidity. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 30(2): 285–298.

Qin, P., Xu, H., Liu, M., Du, L., Xiao, C., Liu,