

Fasies dan Lingkungan Pengendapan Formasi Nanggulan di Sungai Kamal, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Dava Saliham Qoyyibi¹, Jaden Gil Lodar¹, Nodyka Elkawi Hawinu¹, Muhammad Erlandi¹,
Al Hussein Flowers Rizqi^{1*}

¹ Program Studi Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : alhussein@sttnas.ac.id

ABSTRAK

Selama ini pengukuran stratigrafi pada Formasi Nanggulan di daerah Nanggulan terbatas pada lokasi Sungai Kalisonggo, keterdapatn singkapan batuan sedimen dengan kemiringan relatif terjal terdapat juga di Sungai Kamal, Lokasi ini dijadikan daerah kajian untuk mendapatkan gambaran stratigrafi terukur sehingga dapat diteliti untuk dasar penentuan kajian fasies dan lingkungan pengendapan. Maksud dari penelitian ini adalah mendapatkan data stratigrafi terukur (*measuring section*) dan bertujuan untuk mendapatkan umur relatif dan lingkungan pengendapan. Secara administrasi, daerah penelitian dilakukan di Sungai Kamal, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan lima (5) satuan dalam data stratigrafi terukur dengan metode penelitian sampling berdasarkan pengukuran stratigrafi Tongkat Jacob, meliputi satuan batupasir, satuan napal, satuan batulempung hitam, satuan batulanau, dan satuan breksi *old andesite formation*, preparasi dengan cara mereaksikan sampel menggunakan larutan H₂O₂, observasi sampel menggunakan mikroskop, dan determinasi berdasarkan data yang didapatkan dengan klasifikasi yang ada. Berdasarkan analisis foraminifera plangtonik, lokasi penelitian berumur N9-N11 (Miosen Tengah). Lingkungan pengendapan pada daerah penelitian menggunakan identifikasi foraminifera bentonik yang kemudian dikorelasikan, didapatkan lingkungan pengendapan Neritik Tengah.

Kata kunci: Formasi Nanggulan, *measuring section*, umur, lingkungan pengendapan.

ABSTRACT

So far, stratigraphic measurements on the Nanggulan Formation in the Nanggulan area have been limited to the Kalisonggo River location. There are also sedimentary rock outcrops with relatively steep slopes in the Kamal River. This location has been used as a study area to obtain a sized stratigraphic picture so that it can be studied as a basis for determining facies and environmental studies. deposition. The purpose of this research is to obtain measured stratigraphic data (measurement section) and aims to obtain relative ages and depositional environments. Administratively, the research area was carried out on the Kamal River, Pendoworejo Village, Girimulyo District, Kulon Progo Regency, Yogyakarta Special Region Province. Based on the research results, five (5) units in the stratigraphic data were measured using a sampling research method based on Jacob Stick stratigraphic measurements, including sandstone units, marl units, black mudstone units, siltstone units, and old andesite formation breccia units, prepared by reacting the samples using H₂O₂ solution, sample observation using a microscope, and determination based on data obtained using existing classifications. Based on planktonic foraminifera analysis, the research location is aged N9-N11 (Middle Miocene). The depositional environment in the research area uses benthonic foraminifera identification which is then correlated to obtain a Middle Neritic depositional environment.

Keyword : Nanggulan Formation, *measuring section*, age, depositional environment

PENDAHULUAN

Secara geografis, Formasi Nanggulan tersebar luas di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya [1]. Formasi Nanggulan adalah formasi batuan tertua di pegunungan Kulon Progo [2], dan situs utama penemuan formasi ini terdapat di sekitar Desa Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta, serta wilayah sekitarnya seperti Gunung Kidul dan sebagian Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo[3]. Formasi ini tersusun oleh batupasir dengan sisipan lignit, napal pasiran, batulempung, batugamping dan tuf [4].

Sejak lama Formasi Nanggulan telah menjadi fokus utama bagi para geologis dan paleontologis karena kekayaan fosil dan bukti-bukti lain yang dapat memberikan gambaran tentang kondisi lingkungan pada masa lampau [5].

Selama ini pengukuran stratigrafi pada Formasi Nanggulan terbatas pada lokasi Sungai Kalisonggo, keterdapatn singkapan batuan sedimen berlapis menunjukkan kemiringan relatif terjal terdapat juga di Sungai Kamal [6]. Berdasarkan fosil foraminifera plangtonik Formasi Nanggulan memiliki rentang umur dari Eosen sampai Oligosen Tengah [7], Formasi ini menunjukkan perubahan lingkungan pengendapan dari laut dangkal hingga Neritik [8]. Batas formasi yang bergelombang disebabkan karena formasi nanggulan yang tersusun oleh sedimen klastik berukuran halus bersifat lebih plastis, mendapat tekanan dari formasi andesit tua yang bersifat lebih kaku dan berat [9].

Penelitian ini penting dilakukan, karena minimnya informasi mengenai umur dan lingkungan pengendapan pada Formasi Nanggulan, hal tersebut dikarenakan penyebaran dari formasi tersebut yang tidak terlalu luas, terutama pada batulempung hitam.

Maksud dilakukan penelitian yang berada di Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta, adalah Menyusun kajian atau penelitian dengan mendapatkan sampel batuan *Bottom*, *Middle* dan *Top*, lempung hitam. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data *Measuring Section* untuk penentuan fasies, umur, dan lingkungan pengendapan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian, meliputi tahap pendahuluan, tahap pengambilan data lapangan, tahap analisis data dan tahap akhir. Pengambilan data lapangan menggunakan metode Tongkat Jacob, kemudian mendapatkan data *Bottom*, *Middle* dan *Top*, dari lintasan tempat pengambilan data lapangan, yang kemudian dari tiga sampel tersebut dilakukan analisis laboratorium paleontologi, sehingga didapatkan data analisis umur dan analisis lingkungan pengendapan (Gambar 1). Langkah-langkah penelitian ini meliputi:

Tahap Persiapan

Tahapan ini meliputi masalah dan studi literatur, dimana merumuskan rumusan masalah yang terdapat pada Sungai Kamal Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan studi pustaka sebagai acuan dasar berdasarkan peneliti terdahulu.

Tahap Pengambilan Data Lapangan

Tahap ini meliputi observasi lapangan dengan penentuan jalur pengambilan data stratigrafi terukur pada daerah penelitian, menggunakan metode Tongkat Jacob, dari data tersebut diambil sampel batuan pada bagian top, middle, dan bottom berdasarkan lapisan batulempung hitam dari jalur pengukuran.

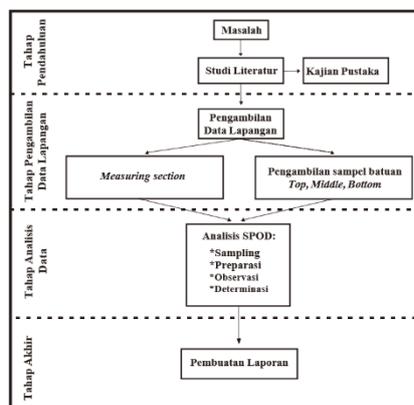
Tahap Analisis Data

Tahap ini dilakukan setelah semua data lapangan didapatkan, pengolahan data dilakukan analisis SPOD:

- Sampling sampel batuan yang didapatkan dari stratigrafi terukur pada bagian top, middle, dan bottom, kemudian sampel ditumbuk hingga halus.
- Preparasi dengan cara mereaksikan sampel menggunakan larutan H₂O₂.
- Observasi sampel menggunakan mikroskop untuk identifikasi foraminifera.
- Determinasi dilakukan analisis laboratorium untuk mendapatkan data penarikan umur Blow (1969) dan lingkungan pengendapan Tipsword (1966) dan Bandy (1967), serta analisis fasies daerah penelitian Walker (1981).

Tahap Akhir

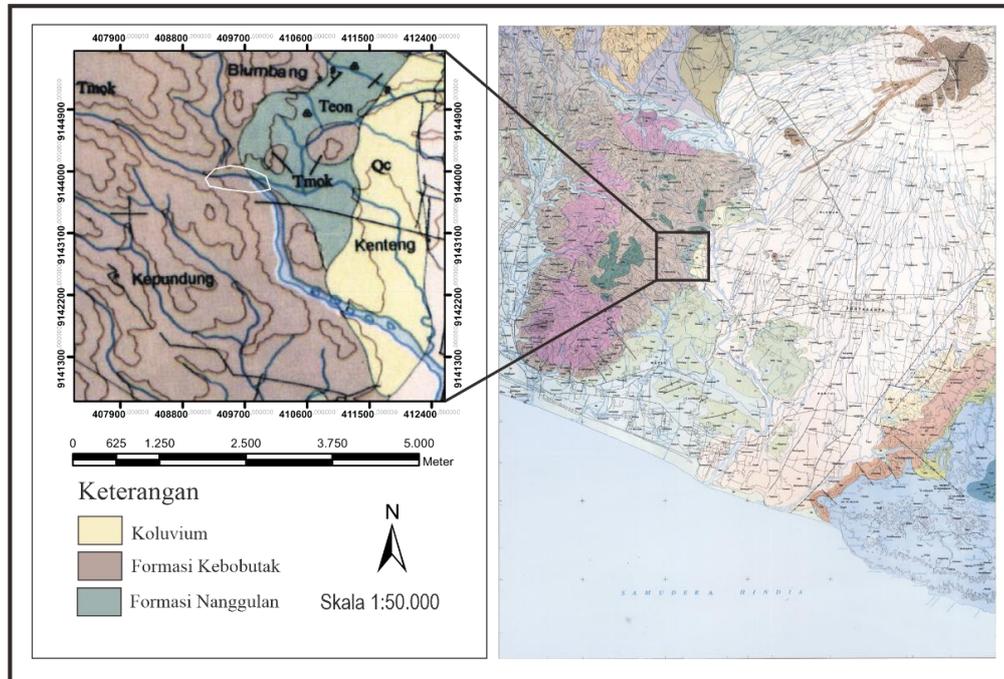
Tahap ini dilakukan dengan mengolah data lapangan dan analisis laboratorium dari pengamatan mikroskop menjadi tabel penarikan umur Blow (1969), lingkungan pengendapan Tipsword (1966) dan Bandy (1967), serta fasies Walker (1981), sehingga menjadi artikel ilmiah.



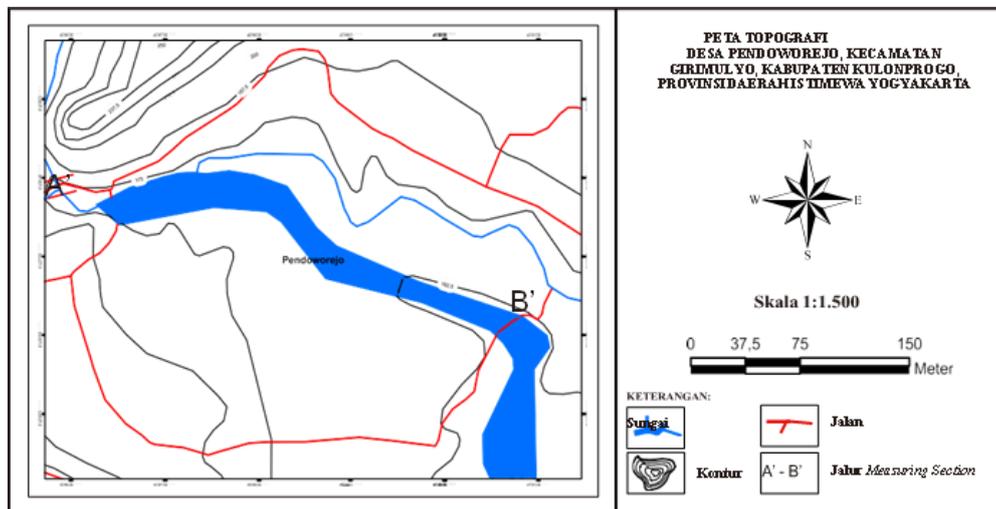
Gambar 1. Diagram alir metode penelitian.

HASIL DAN ANALISIS

Secara geologi regional, daerah penelitian masuk pada Formasi Nanggulan (Gambar 2), pada administrasi di Sungai Kamal, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, atau pada koordinat $7^{\circ}44'41.5''$ S, dan $110^{\circ}10'54.5''$ E. Secara Geografis terletak pada koordinat UTM 409777 mE, dan 9143822 mN zona 49S (Gambar 3).

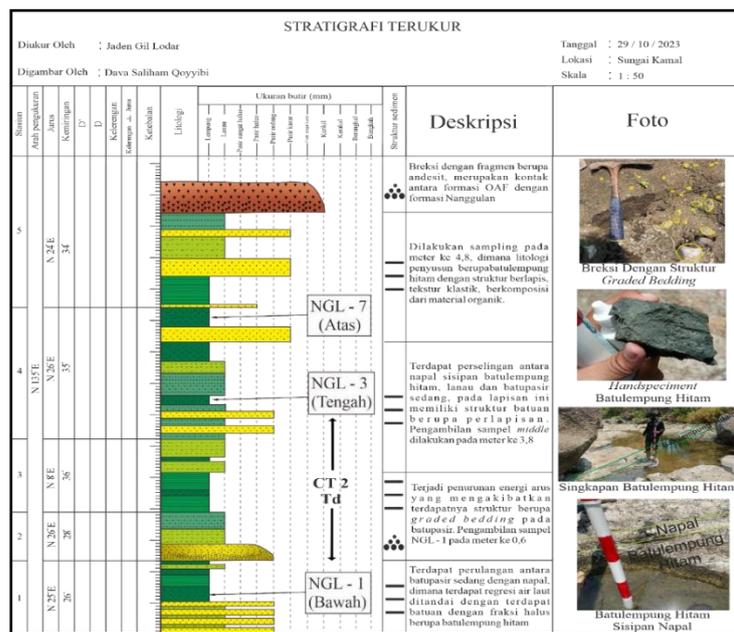


Gambar 2. Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk, 2012).



Gambar 3. Peta Topografi lokasi penelitian (lokasi pengambilan data ditunjukkan oleh A' - B').

Pengambilan data stratigrafi pada daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran Tongkat Jacob. Ketebalan total pengukuran stratigrafi yaitu 7,4 meter. Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas litologi batupasir, napal, batulempung hitam, lanau dan breksi (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil pengukuran stratigrafi terukur.

Berdasarkan data tersebut didapatkan sampel NGL 1, NGL 3 dan NGL 7, dimana sampel tersebut mewakili bagian *bottom*, *middle*, dan *top*, pada lintasan pengambilan data stratigrafi terukur, kemudian sampel dilakukan analisis laboratorium paleontologi dan dilakukan preparasi sampel dengan larutan H₂O₂, untuk memisahkan foraminifera dengan semen pengikat pada batuan sedimen. Berdasarkan kandungan fosil plangtonik pada sampel, maka dapat diidentifikasi penarikan umur. Analisis umur ditentukan dengan mengamati keberadaan fosil plangtonik pada sampel. Hasil penentuan umur relatif batuan (Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3) menggunakan klasifikasi Blow (1969). Analisis umur foraminifera plangtonik terdapat pada tabel berikut:

Tabel 1. Penarikan umur relatif batuan bagian atas (*top*) berdasarkan klasifikasi Blow (1969)

| No | Spesies | Miosen | | | | | | | | | | | Pliosen | | | Pleistosen | | | |
|----|--|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|------------|--|--|--|
| | | Tengah | | | | | | Akhir | | | | | | | | | | | |
| | | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | N22 | N23 | | | |
| 1 | <i>Orbulina universa</i> (d'Orbigny, 1839) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | <i>Sphaeroidinella dehisces</i> (Parker & Jones, 1865) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | <i>Orbulina bilobata</i> (d'Orbigny, 1846) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | <i>Globigerina bulbosa</i> (LeRoy, 1944) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <i>Orbulina suturalis</i> (Brönnimann, 1951) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 2. Penarikan umur relatif batuan bagian tengah (*middle*) berdasarkan klasifikasi Blow (1969)

| No | Spesies | Miosen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Pliosen | | | Pleistosen | | |
|----|---|--------|----|----|--------|----|----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--|--|------------|--|--|
| | | Awal | | | Tengah | | | | | | Akhir | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | N22 | N23 | | | | | |
| 1 | <i>Globorotalia aemiliana</i> (Colalongo & Sartoni, 1967) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | <i>Orbulina universa</i> (d'Orbigny, 1839) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | <i>Globigerinita incrusta</i> (Akers, 1955) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | <i>Orbulina bilobata</i> (d'Orbigny, 1846) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 3. Penarikan umur relatif batuan bagian bawah (*bottom*) berdasarkan klasifikasi Blow (1969)

| No | Spesies | Eosen | | | Oligosen | | | Miosen | | | | | | | | | | | Pliosen | | | Pleistosen | | | | | | |
|----|--|-------|------|--------|----------|------|--------|--------|----|----|----|----|----|-------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | Akhir | Awal | Tengah | Akhir | Awal | Tengah | Tengah | | | | | | Akhir | | | | | | | | | | | | | | |
| | | P16 | P17 | P18 | P19 | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | N22 | N23 |
| 1 | <i>Orbulina universa</i> (d'Orbigny, 1839) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | <i>Globoquadrina barcoemoensis</i> (LeRoy, 1939) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | <i>Globigerina angulatus</i> (Bolli, 1957) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | <i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss, 1850) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <i>Orbulina bilobata</i> (d'Orbigny, 1846) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | <i>Globigerina praebulloides</i> (Blow, 1959) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | <i>Trilobus murisieri</i> (Altherr, 1938) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | <i>Globigerina venezuelana</i> (Hedberg, 1937) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | <i>Globigerinoides immaturus</i> (LeRoy, 1939) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Lingkungan pengendapan pada daerah penelitian menggunakan identifikasi foraminifera bentonik, karena sifat hidupnya yang berada pada dasar permukaan air dan sensitif terhadap perubahan lingkungan hidupnya, dari hasil analisis lingkungan pengendapan (Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6), yang kemudian dikorelasi dengan klasifikasi menurut Bandy (1967) dan Tipword (1966), analisis lingkungan pengendapan terdapat pada tabel berikut:

Fasies Dan Lingkungan Pengendapan Formasi Nanggulan Di Sungai Kamal, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Dava Saliham Qoyyibi)



Tabel 4. Identifikasi lingkungan pengendapan sampel bagian atas (*top*) berdasarkan klasifikasi Bandy(1967) dan Tipsword(1966)

| No | Spesies | NERITIK | | | BATHYAL | | Abysal |
|----|--|----------|----------|-----------|------------|-------------|---------|
| | | Dalam | Tengah | Luar | Atas | Bawah | |
| | | 0 - 20 m | 20-100 m | 100-200 m | 200-1000 m | 1000-4000 m | >4000 m |
| 1 | <i>Bulimina subornata</i> (Brady, 1884) | | | | | | |
| 2 | <i>Bullimina lappa</i> (Cushman & Parker, 1937) | | | | | | |
| 3 | <i>Rhabdammina abyssorum</i> (Sars In Carpenter, 1869) | | | | | | |
| 4 | <i>Pyrgo depressa</i> (d'Orbigny, 1826) | | | | | | |
| 5 | <i>Pyrgo lucernula</i> (Schwager, 1866) | | | | | | |

Tabel 5. Identifikasi lingkungan pengendapan sampel bagian tengah (*middle*) berdasarkan klasifikasi Bandy (1967) dan Tipsword (1966)

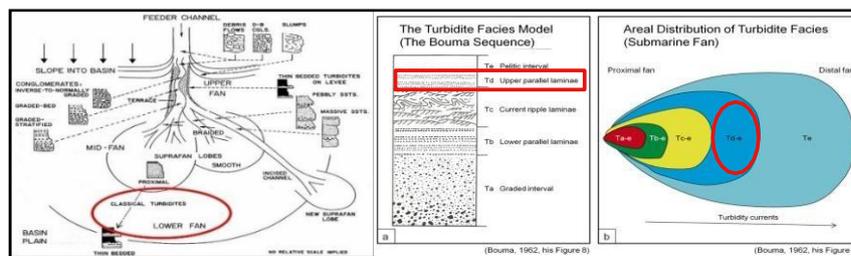
| No | Spesies | NERITIK | | | BATHYAL | | Abysal |
|----|---|----------|----------|-----------|------------|-------------|---------|
| | | Dalam | Tengah | Luar | Atas | Bawah | |
| | | 0 - 20 m | 20-100 m | 100-200 m | 200-1000 m | 1000-4000 m | >4000 m |
| 1 | <i>Planulina australica</i> (Yassini & Jones, 1995) | | | | | | |
| 2 | <i>Saccamina sphaerica</i> (Brady, 1871) | | | | | | |
| 3 | <i>Planulina bassensis</i> (Collins, 1974) | | | | | | |
| 4 | <i>Cassidulina elegantissima</i> (Cushman, 1925) | | | | | | |

Tabel 6. Identifikasi lingkungan pengendapan sampel bagian bawah (*bottom*) berdasarkan klasifikasi Bandy (1967) dan Tipsword (1966)

| No | Spesies | NERITIK | | | BATHYAL | | Abysal |
|----|--|----------|----------|-----------|------------|-------------|---------|
| | | Dalam | Tengah | Luar | Atas | Bawah | |
| | | 0 - 20 m | 20-100 m | 100-200 m | 200-1000 m | 1000-4000 m | >4000 m |
| 1 | <i>Rhabdammina abyssorum</i> (Sars in carpenter, 1869) | | | | | | |
| 2 | <i>Pyrgo depressa</i> (d'Orbigny, 1826) | | | | | | |
| 3 | <i>Nodosaria (Dentalina) (d'Orbigny, 1839)</i> | | | | | | |
| 4 | <i>Pyrgo lucernula</i> (Schwager, 1866) | | | | | | |
| 5 | <i>Rotalia beccariformis</i> (White, 1928) | | | | | | |
| 6 | <i>Amphistegina bicirculata</i> (Larsen, 1976) | | | | | | |
| 7 | <i>Ephinooides</i> (Montfort, 1808) | | | | | | |
| 8 | <i>Bulimina marginata</i> (d'Orbigny, 1826) | | | | | | |

Pada daerah penelitian termasuk pada Formasi Nanggulan yang didominasi oleh batulempung hitam. Menurut peneliti terdahulu, Formasi Nanggulan memiliki umur Eosen dan lingkungan pengendapan Neritik Luar (Winarti dkk, 2022). Formasi Nanggulan juga menunjukkan umur P14 (Eosen Akhir), dengan lingkungan pengendapan pada Neritik (Rizqi dkk, 2023). Dari hasil analisis laboratorium yang dilakukan berupa pengamatan foraminifera kecil plangtonik, didapatkan umur batuan pada Formasi Nanggulan yaitu N9-N11 (Miosen Tengah) Blow (1969). Berdasarkan analisis foraminifera bentonik diketahui bahwa lingkungan pengendapan daerah penelitian berada pada Neritik Tengah Tipsword (1966) dan Bandy (1967). Sehingga dapat disimpulkan pada daerah penelitian memiliki umur batuan yang lebih muda namun dengan lingkungan pengendapan yang relatif sama.

Menurut Hani dkk, (2020) hasil pengukuran stratigrafi terukur pada lintasan Kali Songgo, Formasi Nanggulan memiliki 2 jenis fasies yaitu *Mixed flats* dan *sand flats* yang merupakan *intertidal zone* bagian dari lingkungan pengendapan *tidal flat*, dengan adanya perubahan pola fasies T1-T2-T3. Hasil pengukuran stratigrafi pada lokasi penelitian, tersusun atas litologi batulempung yang berselingan dengan batupasir berukuran halus sampai kasar, juga terdapat sisipan napal dan batulanau, berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan penciri dari CT (*Classical Turbidit*) dan memasuki bagian *Lower Fan Walker* (1981), sehingga pada daerah ini masuk pada CT 2, dimana terdapat penciri fasies berupa turbidit klastik yang berasosiasi dengan perulangan dari batupasir dengan batas kontak jelas antara batulempung dengan perbandingan yang relatif sama. Ditunjukkan pada (Gambar 5).



Gambar 5. Mekanisme pengendapan batuan di daerah penelitian ; Fasies Walker (1981) (kiri) dan Fasies Bouma (1962) (kanan).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran stratigrafi dengan total 7,4 meter, didapatkan litologi berupa satuan batupasir Nanggulan, satuan napal Nanggulan, satuan batulempung hitam Nanggulan, satuan batulanau Nanggulan dan satuan breksi *Old Andesite Formation*. Analisis paleontologi foraminifera plangtonik yang berada di Sungai Kamal, satuan batulempung hitam Formasi Nanggulan memiliki umur miosen tengah N9-N11 (Miosen Tengah) yang diketahui dari berdasarkan penarikan umur dengan klasifikasi Blow (1969), fosil plangtonik yang ditemukan berupa *Orbulina universa* (d'Orbigny, 1839), *Globoquadrina baroemouensis* (LeRoy, 1939), *Globigerina angulisuturalis* (Bolli, 1957), *Globigerinoides trilobus* (Reuss, 1850), *Orbulina bilobata* (d'Orbigny, 1846), *Globigerina praebulloides* (Blow, 1959), *Trilobus murisieri* (Altherr, 1938), *Globigerina venezuelana* (Hedberg, 1937), *Globigerinoides immaturus* (LeRoy, 1939), *Globorotalia aemiliana* (Colalongo dan Sartoni, 1967), *Globigerinita incrusta* (Akers, 1955), *Sphaeroidinella dehiscens* (Parker dan ones, 1865), *Globigerina bulbosa* (LeRoy, 1944), *Orbulina suturalis* (Brönnimann, 1951),

Dengan menggunakan analisis paleontologi foraminifera bentonik, ditemukan lingkungan pengendapan Neritik Tengah, analisis dilakukan menggunakan klasifikasi Tipsword (1966) dan Bandy (1967), dan fosil yang ditemukan meliputi *Rhabdamina abyssorum* (Sars in carpenter, 1869), *Pyrgo depressa* (d'Orbigny, 1826), *Bullimina lappa* (Cushman dan Parker, 1937), *Nodosaria (Dentalina)* (d'Orbigny, 1839), *Pyrgo lucernula* (Schwager, 1866), *Rotalia beccariiformis* (White, 1928), *Amphistegina bicirculata* (Larsen, 1976), *Bulimina marginata* (d'Orbigny, 1826), *Ephinoidea* (Montfort, 1808), *Planulina australica* (Yassini dan Jones, 1995), *Saccamina sphaerica* (Brady, 1871), *Planulina bassensis* (Collins, 1974), *Cassidulina elegantissima* (Cushman, 1925), *Bulimina subornata* (Brady, 1884), *Rhabdamina abyssorum* (Sars In Carpenter, 1869), *Pyrgo depressa* (d'Orbigny, 1826), *Pyrgo lucernula* (Schwager, 1866).

Hasil stratigrafi terukur disimpulkan fasies dengan penciri dari CT (*Classical Turbidit*) dan memasuki bagian *Lower Fan Walker* (1981), sehingga pada daerah ini masuk pada CT 2, dimana terdapat penciri fasies berupa turbidit klastik yang berasosiasi dengan perulangan dari batupasir dengan batas kontak jelas antara batulempung dengan perbandingan yang relatif sama.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia. Dosen pembimbing Al Hussein Flowers Rizqi yang telah memberikan arahan. Rekan-rekan yang membantu dalam penelitian ini dan Winarti atas kesempatan mengikuti hibah DRTPM penelitian fundamental tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Harjanto, "Petrologi dan Geokimia Batuan Vulkanik di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Ilmiah Magister Teknik Geologi*, vol. 4, no. 7, pp. 1-17, 2011. doi: <https://doi.org/10.31315/jmtg.v4i1.274.g237>
- [2] A. Widagdo, S. Pramumijoyo, dan A. Harijoko, "Kontrol Struktur Geologi terhadap Kemunculan Formasi Nanggulan di Daerah Kecamatan Naggulan Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta," *Jurnal Geosapta*, vol. 6, no. 2, pp. 97-101, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.20527/jg.v6i2.8282>
- [3] L. W. Santosa, "Keistimewaan Yogyakarta dari Sudut Pandang Geomorfologi," Yogyakarta: UGM Press, 2016.
- [4] W. Rahardjo, Sukandarrumidi, dan H. M. D. Rosidi, "Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, Skala 1:100.000," Pusat Pengembangan Geologi, 2012.
- [5] M. J. Zuhri, A. Subandrio, dan B. Rahmad, "Geologi dan Geowisata Daerah Jatimulyo dan Donorejo, Kecamatan Girimulyo dan Kaligesing, Kabupaten Kulon Progo dan Purworejo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah," *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, vol. 8, no. 2, pp. 11-24, 2021. doi: <https://doi.org/10.31315/jigp.v8i2.9641.g5362>
- [6] M. A. Syam, H. Umar, H. Heryanto, L. A. Salam, dan A. M. Giffari, "Pengukuran Penampang Stratigrafi dan Interpretasi Data Resistivitas 1D dan 2D untuk Identifikasi Akuifer Airtanah Daerah Sambutan, Samarinda Ilir, Kota Samarinda," *Jurnal Geocelbes*, vol. 3, no. 2, pp. 97-110, 2019. doi: <https://doi.org/10.20956/geocelbes.v3i2.7669>
- [7] E. Y. Patriani, D. Yurnaldi, dan R. Setyawan, "Peninjauan Kembali Keragaman Fosil Foraminifera untuk Penentuan Umur Batugamping Formasi Karangbolong," *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, vol. 22, no. 2, pp. 67-79, 2021. doi: <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v22i2.555>
- [8] H. M. S. Hartono, "Globigerina Marls and Their Planktonic Foraminifera From the Eocene of Nanggulan, Central Java," *Cushman Found*, vol. 20, no. 4, pp. 152-159, 1969.
- [9] Winarti, E. Sukiyah, I. Syafri, dan A. N. Andi, "Kontak Formasi Nanggulan dan Andesit Tua di Gunung Mujil, Kulon Progo, Yogyakarta," *Kurvatek*, vol. 6, no. 1, pp. 117-124, 2021. doi: <https://doi.org/10.33579/krvtk.v6i1.2086>