

**ANALISIS STRUKTUR FOSIL VERTEBRATA DAN KEHIDUPAN
PURBA DI SITUS SANGIRAN PROVINSI JAWA TENGAH**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau
Pekanbaru



AISYAH LATUN UMMIAH
173610541

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

**ANALISIS STRUKTUR FOSIL VERTEBRATA DAN KEHIDUPAN
PURBA DI SITUS SANGIRAN PROVINSI JAWA TENGAH**

LAPORAN TUGAS AKHIR



AISYAH LATUN UMMIAH
173610541

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Aisyah Latun Ummiah
NPM : 173610541
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Geologi
Konsentrasi : Energi
Judul Skripsi : Analisis Struktur Fosil Vertebrata Kehidupan Purba Situs
Sangiran Provinsi Jawa Tengah.

Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pekanbaru, 23 Agustus 2022

Dosen Pembimbing



Budi Prayitno, ST., MT

NIDN. 1010118403

Disahkan Oleh:

Pekanbaru, 23 Agustus 2022

Ka. Prodi Teknik Geologi



Budi Prayitno, ST., MT

NIDN. 1010118403

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Nama : Aisyah Latun Ummiah
NPM : 173610541
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Geologi
Konsentrasi : Energi
Judul Skripsi : Analisis Struktur Fosil Vertebrata Kehidupan Purba Situs Sangiran Provinsi Jawa Tengah.

Telah Diuji di Depan Dewan Penguji Pada Tanggal
11 Agustus 2022 dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima.

Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pekanbaru, 23 Agustus 2022

Dosen Pembimbing



Budi Prayitno, ST., MT
NIDN. 1010118403

Disahkan Oleh:

Pekanbaru, 23 Agustus 2022

Ka. Prodi Teknik Geologi



Budi Prayitno, ST., MT
NIDN. 1010118403

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DATA PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Aisyah Latun Ummiah

Npm : 173610541

Judul : Analisis Struktur Fosil Vertebrata dan Kehidupan Purba di Situs Sangiran Provinsi Jawa Tengah.

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu), baik di Universitas Islam Riau maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan mentor maupun dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan “*software*” computer bukan menjadi tanggungjawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 23 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,

Aisyah Latun Ummiah
NPM : 173610541

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Riau yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aisyah Latun Ummiah
NPM : 173610541
Program Studi : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive royalty free right*) kepada Universitas Islam Riau demi kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS STRUKTUR FOSIL VERTEBRATA DAN KEHIDUPAN PURBA
DI SITUS SANGIRAN PROVINSI JAWA TENGAH**

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak tersebut maka Universitas Islam Riau berhak menyimpan, mengalih mediakan/format, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat dan mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru, 23 Agustus 2022
Yang bersangkutan pernyataan,

Aisyah Latun Ummiah
NPM: 173610541

ANALISIS STRUKTUR FOSIL VERTEBRATA DAN KEHIDUPAN PURBA DI SITUS SANGIRAN PROVINSI JAWA TENGAH

Aisyah Latun Ummiah
Program Studi Teknik Geologi

SARI

Daerah penelitian merupakan bagian dari wilayah Situs Sangiran provinsi Jawa Tengah yang memiliki luas mencapai 59,21 km² (BPSMPS, 2017), menggunakan metode identifikasi tulang dan taksonomi, analisis keutuhan, pengukuran fragmen, kondisi fragmen, dan pelapukan/retakan permukaan. Dengan objek penelitian berupa: *Hexaprotodon sp* (mandibula dextra dan caninus) dengan kondisi fragmen bagian yang hilang seperti mahkota caninus dan pada mandibula dextra bagian yang hilang adalah incisura vasorum facialium, *Crocodylus sp* (cranium dan mandibula dextra) pada bagian tersebut terdapat sebagian besar gigi yang hilang mulai dari akar gigi sampai mahkota gigi, *Elephas namadicus* (maxilla) kondisi fragmen utuh hanya terdapat kikisan akibat proses sedimentasi, *Bos sp* (distal radius) bagian distal ephypisnya hilang akibat proses sedimentasi, *Bibos sp* (cranium) ditemukan dalam keadaan utuh hanya bagian tengkorak wajah yang hilang, dan *Homo erectus* (cranium) kondisi fragmen terkikis. Paleokologi yang didapat pada Formasi Pucangan yang berumur Pleistosen Bawah adalah rawa sedangkan pada Formasi Kabuh yang berumur Pleistosen Tengah adalah hutan hujan tropis sampai hutan terbuka. Berdasarkan pohon filogenetik hewan purba daerah penelitian yang hidup saat ini adalah *Bos j. javanicus* (banteng jawa), *Bos sp* (sapi liar). Sedangkan yang sudah punah adalah *Crocodylus sp* (buaya muara), *elephas sp* (gajah jawa), *Hexaprotodon sp* (kuda nil), dan *Homo erectus* (manusia purba).

Kata kunci: Makrofosil Vertebrata, Situs Sangiran, Analisis Struktur Fosil, paleoekologi, filogenetik.

**ANALYSIS OF VERTEBRATE FOSSIL STRUCTURE AND ANCIENT
LIFE AT SANGIRAN SITE CENTRAL JAVA PROVINCE**

Aisyah Latun Ummiah

Geological Engineering Department

ABSTRACT

The research area is part of the Sangiran Site area of Central Java province which has an area of 59.21 km² (BPSMPS, 2017), using bone identification and taxonomy methods, Minimum Numbers of Individual analysis, fragment measurement, fragment condition, and weathering/ surface cracking. With the object of research in the form of: *Hexaprotodon sp* (mandibula dextra and caninus) with the condition of missing fragments such as the crown of the canine and in the right mandible the missing part is the incisura vasorum facialium, *Crocodylus sp* (cranium and mandibular dextra) in that section there are most of the teeth missing. missing from the root of the tooth to the crown of the tooth, *Elephas namadicus* (maxilla) intact, only fragments were eroded due to the sedimentation process, *Bos sp* (distal radius) the distal epiphyseal part was lost due to sedimentation, *Bibos sp* (cranium) was found intact only the skull missing faces, and *Homo erectus* (cranium) eroded fragments. Paleocology obtained in the Lower Pleistocene Pucangan Formation is swamp, while the Kabuh Formation in Middle Pleistocene age is tropical rain forest to open forest. Based on the phylogenetic tree of ancient animals, the current study area is *Bos j. javanicus* (Javanese bull), *Bos sp* (wild cow). While the extinct ones are *Crocodylus sp* (estuarine crocodile), *Elephas sp* (Javanese elephant), *Hexaprotodon sp* (hippopotamus), and *Homo erectus* (ancient human).

Keywords: *Vertebrate Macrofossils, Sangiran Site, Fossil Structure Analysis, paleoecology, phylogenetic.*

KATA PENGANTAR

Assalammualaikum warrahmatullah wabarrahkatu,

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayahnya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsinya dengan judul “Analisis Struktur Fosil Vertebrata Kehidupan Purba Situs Sangiran Provinsi Jawa Tengah”. Shalawat serta salam tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita ke Dienul Islam.

Dengan harapan yang sangat besar kiranya skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya bagi mahasiswa jurusan Teknik Geologi Universitas Islam Riau. Selama penulisan skripsi banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun skripsi ini sampai selesai. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang berjasa dalam pembuatan laporan skripsi ini, di antaranya:

1. Bapak Budi Prayitno, ST., MT sebagai Ka. Prodi Teknik Geologi Universitas Islam Riau.
2. Bapak Budi Prayitno, ST., MT sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak/Ibu Pengurus Situs Sangiran Provinsi Jawa Tengah yang sudah memberikan izin dan banyak ilmu pengetahuan selama melakukan penelitian data skripsi penulis.
4. Orangtua tersayang yang terus mendukung penuh kegiatan kuliah penulis dan selalu menemani sampai penulis selesai melakukan studi kuliah di Teknik Geologi Universitas Islam Riau.
5. Bapak/Ibu Dosen Teknik Geologi Universitas Islam Riau.
6. Teman-teman angkatan 2017 yang penulis sayangi.

Pekanbaru, 23 Agustus 2022

Aisyah Latun Ummiah

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
SARI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Lokasi Penelitian.....	3
1.7 Waktu Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Geologi Daerah Penelitian.....	6
2.1.1. Formasi-Formasi di Situs Sangiran.....	7
2.1.2. Sejarah Terbentuknya Kubah Sangiran.....	15
2.2. Asal-Usul Vertebrata.....	17

2.3. Konsep Evolusi Vertebrata.....	19
2.3.1. Mammalia.....	22
2.3.1.1. Asal-Usul Manusia.....	25
2.3.2. Reptil.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Objek Penelitian.....	29
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan.....	29
3.3 Tahap Penelitian.....	29
3.3.1. Tahap Persiapan.....	29
3.4 Tahap Analisis Data.....	30
3.4.1. Identifikasi Tulang dan Taksonomi.....	30
3.4.2. Jumlah Minimum Individu (Analisis Keutuhan).....	39
3.4.3. Pengukuran Fragmen.....	40
3.4.4. Fragmentasi (Analisis Kondisi Fragmen).....	41
3.4.5. Analisis Pelapukan/Retakan Permukaan.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Analisis Struktur Fosil dan Taksonomi.....	44
4.1.1. <i>Hexaprotodon sp.</i>	44
4.1.2. <i>Crocodylus sp.</i>	48
4.1.3. <i>Elephas namadicus.</i>	51
4.1.4. <i>Bos sp.</i>	52
4.1.5. <i>Bibos sp.</i>	53
4.1.6. <i>Homo erectus.</i>	55
4.2. Interpretasi Paleoekologi Daerah Penelitian.....	57
4.3. Interpretasi Sejarah Geologi Sangiran.....	63
4.4. Hubungan Genetik Fosil yang Ditemukan dengan Fauna Endemik di Sekitar Penelitian.....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1. Kesimpulan.....	72

5.2. Saran..... 72

DAFTAR PUSTAKA..... 73



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

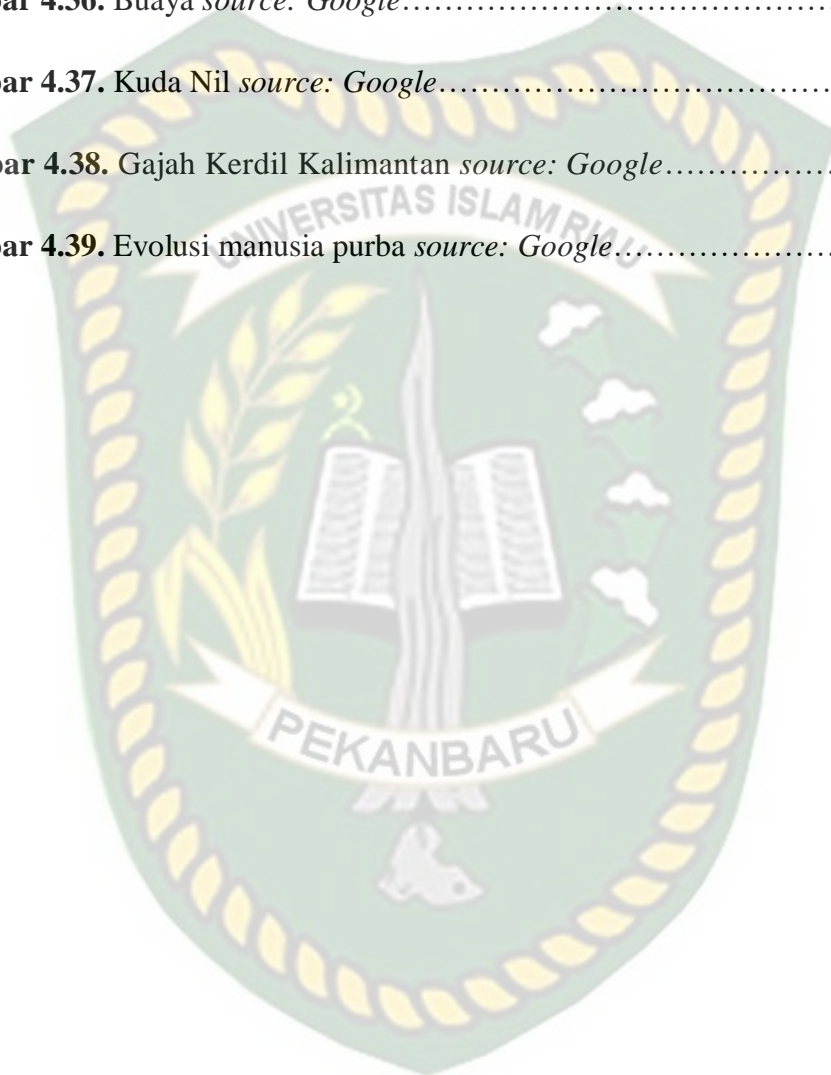
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Administrasi Daerah Penelitian (Situs Sangiran Jawa Tengah).....	4
Gambar 2.1. Peta Geologi Daerah Situs Sangiran.....	6
Gambar 2.2. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian Situs Sangiran berdasarkan Harsono, 1983 dengan modifikasi.....	7
Gambar 2.3. Proses Terbentuknya Kubah Sangiran.....	16
Gambar 2.4. Rekontruksi Kubah Sangiran.....	16
Gambar 3.1. Filogenik Klasifikasi Taksonomi Kingdom Animalia berdasarkan Linnaeus,1758.....	39
Gambar 3.2. Tingkatan keutuhan fragmen berdasarkan Boessenecker et al., 2014.....	40
Gambar 3.3. Struktur Gigi (a) Karnivora, (b) Herbivora, dan (c) Omnivora berdasarkan Milton Hilderbrand, 1974.....	41
Gambar 3.4. Kondisi Fragmen dalam kategori (D) Lengkap, (E) Fragmen, (F) Pecahan berdasarkan Boessenecker et al., 2014.....	41
Gambar 3.5. (A) Retakan Permukaan Periosteum dan (B) Retakan Pada Tulang Kompak berdasarkan Boessenecker et al., 2014.....	42
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian.....	43

Gambar 4.1. Foto Fragmen Mandibula Dextra dan Sketsanya <i>Hexaprotodon sp</i>	45
Gambar 4.2. Sketsa Anatomi <i>Hexaprotodon sp</i>	46
Gambar 4.3. Foto dan Sketsa Caninus <i>Hexaprotodon sp</i>	47
Gambar 4.4. Sketsa Anatomi (caninus) <i>Hexaprotodon sp</i>	47
Gambar 4.5. Foto dan Sketsa Cranium <i>Crocodylus sp</i>	49
Gambar 4.6. Sketsa Cranium Utuh <i>Crocodylus sp</i>	49
Gambar 4.7. Foto dan Sketsa Mandibula Dextra <i>Crocodylus sp</i>	50
Gambar 4.8. Foto dan Sketsa Maxilla <i>Elephas sp</i>	51
Gambar 4.9. Sketsa Anatomi (Maxilla) Utuh <i>Elephas namadicus</i>	52
Gambar 4.10. Foto dan Sketsa Fragmen Distal Radius <i>Bos sp</i>	53
Gambar 4.11. Sketsa Anatomi (Distal Radius) <i>Bos sp</i>	53
Gambar 4.12 Foto dan Sketsa Cranium <i>Bibos sp</i>	54
Gambar 4.13. Sketsa Anatomi (Cranium) Utuh <i>Bibos sp</i>	55
Gambar 4.14. Sketsa Cranium <i>Homo erectus</i>	56
Gambar 4.15. Foto dan Sketsa Cranium <i>Homo erectus</i> I.....	57
Gambar 4.16. Foto dan Sketsa Cranium <i>Homo erectus</i> II	57
Gambar 4.17. Data Pendukung (sekunder) Nanofosil (pollen) sebagai penanda paleoekologi rawa, hutan hujan dan hutan terbuka ...	58
Gambar 4.18. Rantai Makanan Kompleks pada Ekosistem Rawa	59
Gambar 4.19. Tingkatan Trofik pada Paleoekologi Rawa di Formasi Pucangan	59

Gambar 4.20. Paleoekologi Rawa pada Formasi Pucangan	60
Gambar 4.21. Rantai Makanan Kompleks pada ekosistem Hutan Hujan- Hutan Terbuka	61
Gambar 4.22. Tingkatan Trofik pada Paleoekologi Hutan Hujan sampai Hutan Terbuka di Formasi Kabuh	62
Gambar 4.23. Paleoekologi hutan terbuka pada Formasi Kabuh	62
Gambar 4.24. Peta Sebaran Temuan Fosil Vertebrata Situs Sangiran, <i>source: BPSMPS</i>	63
Gambar 4.25. Lingkungan Pengendapan Berupa Laguna pada Formasi Kalibeng.....	64
Gambar 4.26. Lingkungan Pengendapan Laut Dangkal pada Formasi Pucangan.....	64
Gambar 4.27. Zona Penanda pada Grenzbank.....	65
Gambar 4.28. Aliran Sungai Menutupi Keseluruhan Grenzbank Membentuk Formasi Kabuh.....	65
Gambar 2.29. Formasi Kabuh Terbentuk.....	65
Gambar 4.30. Sungai Merendam Formasi Kabuh dan Mengendapkan Sedimen Formasi Notopuro.....	66
Gambar 4.31. Formasi Notopuro Terbentuk.....	66
Gambar 4.32. Lapisan Terangkat Disebabkan adanya Tenaga Endogen Disertai Tenaga Eksogen.....	67
Gambar 4.33. Lapisan Pada Setiap Formasi Terbuka.....	67

Gambar 4.34. Banteng Jawa <i>source: Google</i>	68
Gambar 4.35. Sapi Liar di Taman Nasional Alas Purwo <i>source: Google</i>	69
Gambar 4.36. Buaya <i>source: Google</i>	69
Gambar 4.37. Kuda Nil <i>source: Google</i>	70
Gambar 4.38. Gajah Kerdil Kalimantan <i>source: Google</i>	70
Gambar 4.39. Evolusi manusia purba <i>source: Google</i>	71



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Waktu Penelitian.....	5
Tabel 4.1. Tabel Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Hexaprotodon sp.</i>	45
Tabel 4.2. Tabel Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Hexaprotodon sp</i> Bagian Caninus.....	46
Tabel 4.3. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Crocodylus sp.</i>	48
Tabel 4.4. Identifikasi Makroskopis dari Fragmen Mandibula Dextra <i>Crocodylus sp.</i>	50
Tabel 4.5. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Elephas namadicus.</i>	51
Tabel 4.6. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Bos sp.</i>	52
Tabel 4.7. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Bibos sp.</i>	54
Tabel 4.8. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Homo erectus</i> 1...	55
Tabel 4.9. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi <i>Homo erectus</i> 2...	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah penelitian merupakan bagian dari wilayah Situs Sangiran provinsi Jawa Tengah yang memiliki luas mencapai 59,21 km² (BPSMPS, 2017), berada di dua kabupaten yaitu Kabupaten Sragen dan Kabupaten Karanganyar, serta terdapat empat kecamatan yaitu Kecamatan Gemolong, Kecamatan Kalijambe, Kecamatan Plupuh, dan Kecamatan Gondang Rejo, serta terdapat 121 desa dengan letak astronomis 110° 49' 30" - 110° 52' 0" BT dan 7° 24' 24" - 7° 30' 42" LS. Daerah penelitian secara geologi menempati daerah Kubah Sangiran dengan litologi batulempung kebiruan, batulempung hitam, batupasir dengan struktur silang-siur, breksi vulkanik, dan endapan alluvial. Secara geomorfologi dan geologi strukturnya, kubah Sangiran terbentuk oleh proses pengangkatan akibat tenaga endogen dan kemudian bagian puncak kubah terbuka melalui proses erosi, sehingga membentuk cekungan besar di pusat kubah yang ditandai oleh perbukitan bergelombang. Pada cekungan itulah dapat ditemukan lapisan batuan yang mengandung informasi tentang kehidupan di masa lampau, ditinjau dari aspek paleoantropologi, paleontologi, geologi maupun arkeologi (Widianto dan Simanjuntak, 2009).

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pola perkembangan kehidupan purba dan lingkungannya dengan menyangkut beberapa aspek, yakni: aspek umur fosil, identitas fosil, lingkungan pengendapan secara ilmu geologi, paleoekologi, dan aktivitas manusia purba. Adapun aspek manusia purba yang belum terpecahkan dengan tuntas ialah prihal hasil budayanya dan juga berkaitan dengan punahnya manusia purba secara total pada Akhir Pleistosen sampai Holosen.

Situs Sangiran menghasilkan sekitar 13.000 lebih fragmen fosil yang ditemukan, yang mana sebagian besar fosil tersebut hasil dari temuan warga sekitar yang ditemukan di area perkebunan dalam kondisi utuh-tidak utuh. Meskipun begitu, situs Sangiran ini merupakan situs yang ideal untuk melakukan penelitian mengenai paleontologi, arkeologi, maupun paleoantropologi.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas dapat ditarik rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana identifikasi tulang dan analisis struktur fosil vertebrata jika ditinjau dari segi anatomi dan taksonominya?
2. Bagaimana kondisi paleoekologi daerah situs Sangiran berdasarkan data makrofosil?
3. Bagaimana hubungan genetik fosil vertebrata tersebut dengan fauna endemik berdasarkan klasifikasi taksonomi di daerah penelitian?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian Analisis Struktur Fosil Vertebrata dan Kehidupan Purba Situs Sangiran Provinsi Jawa Tengah adalah untuk meningkatkan pemahaman peneliti dalam ilmu geologi, paleontologi, dan arkeologi. Baik itu dari segi aspek : umur fosil dan identitasnya, kondisi paleoekologinya, bahkan filogenetiknya, serta menyediakan informasi secara ilmiah bagi pemerintah daerah setempat maupun pengguna yang memerlukannya,

1.4. Batasan Masalah

Dalam upaya menegaskan permasalahan yang dibahas pada laporan penelitian tugas akhir ini, penulis merekognisi permasalahan yang diangkat berdasarkan data hasil penelitian berupa:

1. Analisis struktur fosil vertebrata hanya meliputi: *Homo erectus*, *Elephas namadicus*, *Bos sp*, *Bibos sp*, *Crocodylus sp*, dan *Hexatoprodon sp*.
2. Perkiraan paleoekologi di situs Sangiran berdasarkan data makrofosil.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian berupa Analisis Struktur Vertebrata yang dilakukan di Situs Sangiran Provinsi Jawa Tengah memiliki manfaat sebagai berikut:

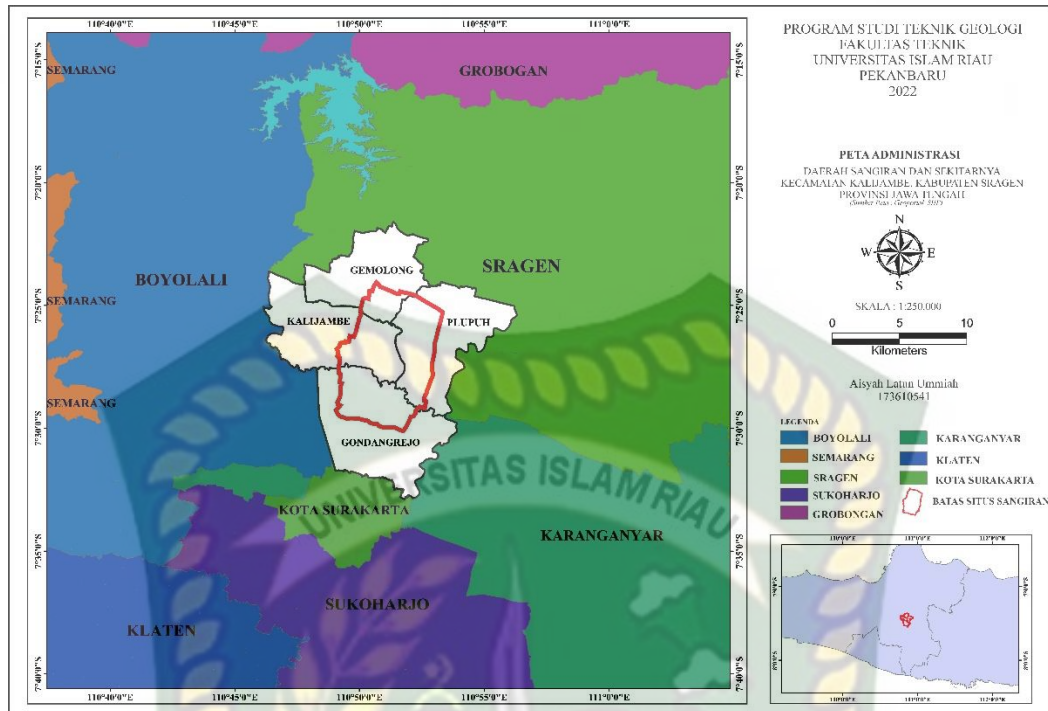
1. Memperbaharui, menambah, dan mengembangkan data-data paleontologi dan arkeologi di daerah penelitian sebagai informasi yang lebih lengkap dan detail tentang daerah penelitian tersebut.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan atau informasi tambahan bagi peneliti-peneliti lainnya yang tertarik untuk meneliti didaerah penelitian.
3. Dapat menarik wisatawan lokal maupun internasional untuk berwisata edukasi agar berkunjung di situs Sangiran dan memperkenalkan situs Sangiran ke kanca dunia.
4. Dalam museum Sangiran dapat diperoleh informasi lengkap tentang pola kehidupan manusia purba di Jawa yang menyumbang perkembangan ilmu pengetahuan seperti antropologi, paleontologi, arkeologi, geologi, dan paleoantropologi, serta menjadikan objek konservasi negara.

1.6. Lokasi Penelitian

Daerah penelitian memiliki luas mencapai 59,21 km² yang berada di dua kabupaten yaitu Kabupaten Sragen dan Kabupaten Karanganyar, serta terdapat empat kecamatan yaitu Kecamatan Gemolong, Kecamatan Kalijambe (± 40 km dari Sragen atau ± 17 km dari Solo), Kecamatan Plupuh, dan Kecamatan Gondang Rejo dengan letak astronomis $110^{\circ} 49' 30''$ - $110^{\circ} 52' 0''$ BT dan $7^{\circ} 24' 24''$ - $7^{\circ} 30' 42''$ LS.

Dari Solo ambil jalan utara ke arah Purwodadi, setelah melewati Kalioso kita sampai di Kalijambe. Cabang jalan kecil ke kanan yang menuju ke Sangiran terletak pada 14,7 km. Jalan kecil ini perlahan-lahan menanjak sepanjang lereng Barat dan Kubah Sangiran.

Situs Sangiran berada pada bentang *Solo Depression* yang dibatasi oleh Gunung Lawu di timur dan Gunung Merapi-Merbabu di barat, serta Pegunungan Kendeng di utara dan Pegunungan Sewu di selatan.



(Gambar 1.1. Peta Administrasi Lokasi Situs Sangiran, Provinsi Jawa Tengah)

1.7. Waktu Penelitian

Penelitian ini pertama kali dilakukan pada awal bulan Juli tahun 2021 dengan melakukan tahap persiapan pembuatan proposal, yaitu: menentukan lokasi penelitian, objek penelitian, alat dan bahan yang digunakan, setelah itu dilakukan kajian studi pustaka dan mengurus administrasi baik itu surat izin praktik kerja lapangan maupun surat izin lainnya. Pada pertengahan bulan Juli tahun 2021 penulis menuju lokasi penelitian di situs Sangiran, Desa Krikilan, Kecamatan Kalijambe, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah. Pada bulan Agustus tahun 2021 dilakukan pengambilan data di Laboratorium Museum Induk Sangiran, sekaligus melakukan analisis data sampai bulan September tahun 2021. Setelah itu, pada pertengahan bulan September tahun 2021 penulis kembali ke Kota Pekanbaru untuk melakukan bimbingan dan pembuatan laporan sampai bulan Juli tahun 2022. Dan tepatnya awal bulan Agustus tahun 2022 laporan diterima pembimbing dan dapat melakukan ke tahap seminar hasil pada pertengahan bulan Agustus tahun 2022.

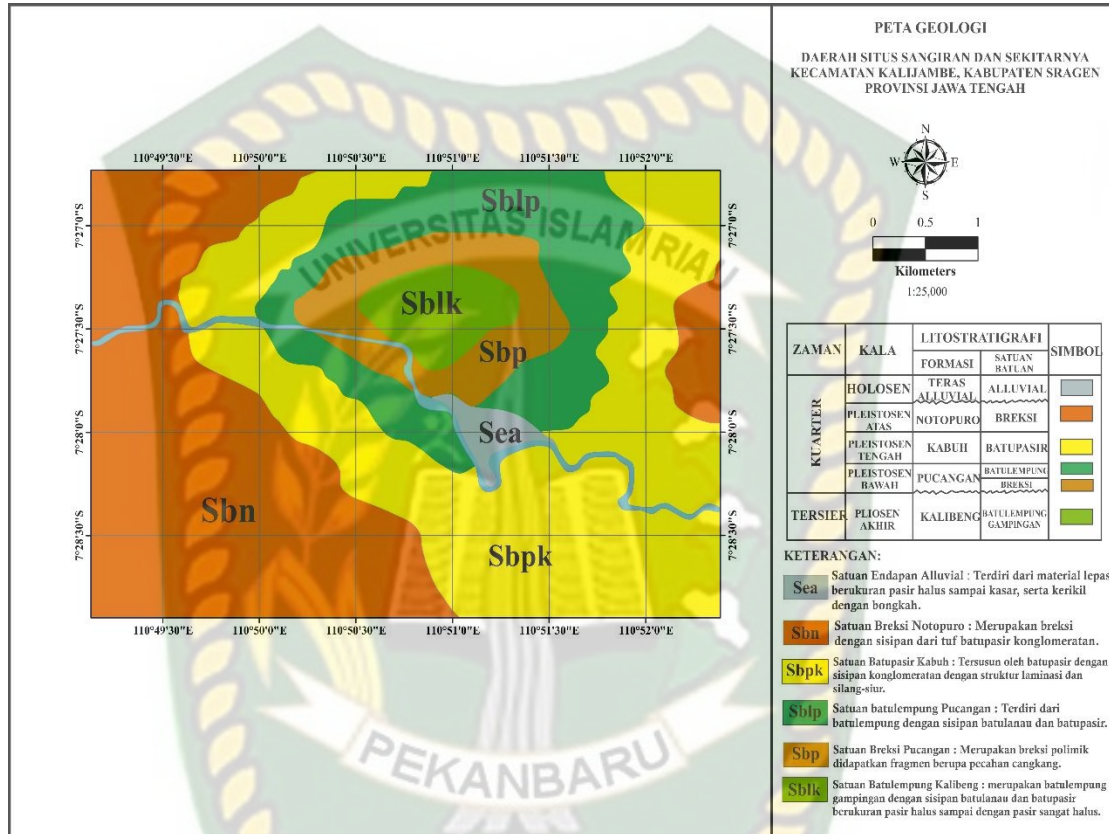
Bulan	Jul 2021	Agust 2021	Sept 2021	Okt 2021	Nov 2021	Des 2021	Jan 2022	Feb 2022	Mar 2022	Apr 2022	Mei 2022	Juni 2022	Juli 2022	Agust 2022
Pembuatan Proposal dan Studi Pustaka														
Pengambilan Data														
Analisis Data														
Bimbingan dan Pembuatan Laporan														
Seminar Hasil														

(Tabel 1.1. Waktu Penelitian)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Penelitian



(Gambar 2.1. Peta Geologi Daerah Situs Sangiran)

Lapisan Kenozoikum Akhir di daerah Sangiran dibagi lagi, dalam urutan dari tertua - termuda, menjadi Formasi Kalibeng, Pucangan, Grenzbank, Kabuh, Notopuro, dan Endapan alluvial-resent baru-baru ini. Bagian bawah Formasi Kalibeng (Miosen Akhir dan Pliosen Awal) dan batuan dasar (Miosen Awal, Oligosen, Eosen dan Pra-Tersier) tidak tersingkap di daerah Sangiran. Sedangkan pada Formasi Pucangan berumur Pleistosen Bawah, Formasi Kabuh berumur Pleistosen Tengah, Formasi Notopuro berumur Pleistosen Atas, dan Teras Alluvial berumur Holosen. Secara struktural Sangiran merupakan daerah yang mengalami pengangkatan dan perlipatan yang kemudian membentuk struktur kubah, yang seiring berjalannya waktu mengalami erosi. Adanya

pengangkatan ini terjadi karena proses penekanan dari kiri ke kanan oleh tenaga eksogen dan dari bawah ke atas oleh tenaga endogen. Serta erosi menyebabkan tersingkapnya lapisan-lapisan batuan secara alamiah.

Umur	Simbol Litologi	Litologi	Formasi	Lingkungan Pengendapan
			Endapan Resen	
0,25 jtl		Pasir Vulkanik Breksi Laharik	Formasi Notopuro	Lingkungan Darat (Hutan Hujan-Hutan Terbuka)
0,73 jtl		Pasir Vulkanik dengan struktur silang-siur	Formasi Kabuh	
0,90 jtl		Gamping Konglomeratan	Grenzbank	
1,80 jtl		Lempung Kehitaman dengan sisipan karbon dan pasir Breksi Laharik	Formasi Pucangan	Lingkungan Rawa
		Lempung Kebiruan	Formasi Kalibeng	Lingkungan Laut

(Gambar 2.2. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian Situs Sangiran berdasarkan Harsono, 1983 dengan modifikasi)

2.1.1. Formasi-Formasi di Situs Sangiran

1. Formasi Kalibeng (Basement)

Formasi Kalibeng yang tersebar hanya di bagian tengah Kubah Sangiran tidak terekspos dengan baik karena adanya longsor, lumpur vulkanik dan patahan. Sehingga singkapan yang cukup kontinu yang diukur di sana pada dua lokasi

tambahan I-2 dan III-2 (lokasi stasiun dekat dengan Pablengan), sulit ditemukan untuk mengkorelasikan bagian columnar dari lokasi tersebut. Namun, survei rinci menunjukkan bahwa lapisan Tuf Bawah 4 (TB4) dan lapisan pasir berlumpur yang mengandung moluska dan foraminifera sekitar 2 m di atas tufa berguna untuk korelasi. Bagian tipe dari formasi baru yang menggantikan Formasi Kalibeng di Sangiran, didirikan dalam urutan strata yang tersingkap di dalam dan sekitar Sungai Puren kecil. Formasi Kalibeng yang tersingkap di Kubah Sangiran mencapai ketebalan total lebih dari 126,5 m.

Formasi Kalibeng di Kubah Sangiran dibagi lagi, dalam urutan tertua sampai termuda, menjadi empat anggota berikut:

- a. Batulempung abu-abu kebiruan dan batulempung berlumpur. Anggota ini, dengan ketebalan lebih dari 107 m, berasal dari laut. Ini terutama terdiri dari lempung abu-abu dan lempung berlumpur dengan sejumlah kecil lempung berpasir, lanau berpasir, pasir berlumpur dan pasir. Enam lapisan tuff tipis yang ditemui, yaitu Tuff Bawah 1 (TB1), Tuff Bawah 2 (TB2), Tuff Bawah 3 (TB3), Tuff Bawah 4 (TB4), Tuff Tengah (TT) dan Tuff Atas (TA). Bahan piroklastik tuf adalah kaca kristal berbutir sedang hingga kasar. Mineral ini umumnya tersebar di zona 10 sampai 40 cm kecuali untuk lapisan TB1, setebal 7 cm di lokasi I-1 dan TA (Tuff Atas), dengan ketebalan 12 cm di lokasi II. Lapisan pasir berlumpur dan lapisan pasir, keduanya mengandung moluska; *Turritella*, *Nassarius*, *Arca*, *Chione*, dan foraminifera; *Operculina* dll diakui dalam anggota ini. Awalnya, terdapat sekitar 2 m di atas lapisan TB4 dan sekitar 5 m di atas lapisan TT (Tuff Tengah). Pada umumnya lempung berpasir dan lanau berpasir terdapat kandungan moluska seperti: *Anomia*, *Ostrea*, *Arca*, *Chione*, *Turricula*, dan *Pleurotoma*, dimana lempung abu-abu kebiruan dan lempung berlumpur hanya mengandung sedikit *Murex*, *Natica* dan *Anomia*.
- b. Batupasir berlumpur. Singkapan ini, setebal 4,2 hingga 6,9 m, diperkirakan telah diendapkan dalam kondisi laut terbuka yang dangkal. Moluska seperti *Turritella*, *Marginella*, *Natica*, *Murex*, *Arca*, *Pecten*, *Ostrea* dan foraminifera seperti *operkulina* umum.

- c. Batugamping *Balanus*. Anggota ini, setebal 1 sampai 2,5 m, terdiri dari fragmen cangkang *Balanus* dan moluska lain yang diperkirakan telah diendapkan di lingkungan pesisir (coastal).
- d. Batulempung dan batulanau. Anggota ini, setebal 0 sampai 10,1 m, terutama terdiri dari lempung dan lanau abu-abu kebiruan gelap, dan umumnya mengandung cangkang moluska dari *Corbicula*. Dua lapisan *Corbicula*, tebal 0,3 sampai 1,0 m, yang terdapat satu di bagian bawah dan yang lainnya di bagian atas. Moluska kecil seperti *Aloides* dan *Melanoides* juga banyak terdapat di bagian lempung kebiruan gelap dengan interkalasi diatomit di *top horizon*. Anggota ini diduga telah diendapkan di lingkungan air payau.

Masing-masing empat anggota di atas sesuai dengan lapisan batulempung abu-abu (laut), lapisan *Turritella* (pasir argilaceous), lapisan batugamping *Balanus* dan *Corbicula* menurut van Es (1931). Pemeriksaan litho- dan bio-fasies ini memungkinkan asumsi cekungan sedimen yang semakin dangkal. Karena Formasi Kalibeng ditindih secara sumbang oleh Lahar Bawah, suksesi penuh dari anggota hampir tidak dapat diamati. Di lokasi III-1 dan -2 di dekat Pablengan (Sumber: Naotune Watanabe & Darwin Kadar, 1985), Formasi tersebut selaras karena anggota pada poin (d), yang secara bersamaan mendasari Lahar Bawah setebal 0,7 m, berkembang dengan baik di sana.

2. Formasi Pucangan

Suksesi penuh Formasi Pucangan di Kubah Sangiran telah terungkap dengan menelusuri lapisan penanda piroklastik. Pada Formasi Pucangan di Singkapan yang kontinyu menunjukkan jarak agak jarang karena tanah longsor dan patahan, dengan kondisi yang sama seperti di Formasi Kalibeng. Bagian representatif columnar geologi yang dibuat di sebelas lokasi, yaitu lokasi ke VIII di saluran irigasi dekat Cengklik, lokasi ke III-2 dan -3 dekat Pablengan, lokasi ke IV di lokasi bendungan, lokasi V-1, -2, -3, -4 dan -6 pada aliran Pb, lokasi ke V-5 di situs Pb, lokasi ke VI dekat lokasi Mb dan lokasi VII dekat Jagan. Bagian kolumnar ini ditunjukkan pada Gambar. 4 dan 7.

Kemajuan laporan II dari Tim Peneliti Gabungan Indonesia-Jepang (1979) menyatakan bahwa untuk memperjelas suksesi Formasi Pucangan, perkiraannya 65 m dari ketebalan maksimum Lahar Bawah. Untuk mengatasi masalah ini, survey geologi rinci dilakukan di sepanjang saluran irigasi di dekat sungai Cengklik. Terungkap bahwa ketebalan maksimum Lahar Bawah adalah 46.0 m. Lahar ini terkadang terdapat bongkahan-bongkahan besar. Bongkahan terbesar dengan panjang 16,5 m, tersusun atas tufa, pasir dan kerikil. Sisanya, panjangnya kurang dari 2 m, terdiri dari tufa dan lanau tufaan. Kesenjangan stratigrafi

Formasi Pucangan terdapat di sekitar G. Pucangan ± 20 km Utara Jombang. Batuan penyusunnya terdiri atas batupasir berbutir kasar hingga konglomeratan, batupasir tufa berbutir halus hingga kasar dan batupasir tufa mengandung lempung, terdapat sisipan dari breksi tufa, batukrikil, batupasir tufa napalan yang mengandung moluska laut. Sayatan tipis batupasirnya mengandung kristal augit, hipersten, amfibol dan sering kepingan andesit.

Formasi Pucangan di Trinil-Ngawi diawali oleh endapan vulkanik dan batupasir tufan berfasies continental, di kubah Kunto dan Sangiran diwakili oleh lempung hitam dengan sisipan lempung kuning, mengandung moluska laut antara lain *Ostrea*, *Pecten*, dan *Strombus* sedangkan di atasnya terdapat lapisan diatomea setebal 1 meter. Lempung hitamnya mengandung moluska air tawar (*Vivipara*, *Melonia*, *Corbicula*, dan *Unio*), ke arah atas berubah menjadi tufaan berselingan dengan lempung hitam dengan konkresi lempung gampingan. Formasi Pucangan ke arah timur, yakni di daerah Dodol-Soko-Gondang dimulai dengan endapan breksi lahar, berwarna abu-abu, terdiri dari fragmen andesit (diameter 5-30 cm) mengambang dalam massa dasar pasir tufa berwarna abu-abu terang, mengandung feldspar, mineral mafik, dan gelas dengan ukuran butir sedang-kasar, terpilah buruk, kompak dan keras.

Bagian bawah formasi ini di daerah Klino terdiri atas breksi vulkanik berwarna abu-abu yang disusul oleh lapisan batupasir tufaan (tebal 10 meter) berwarna coklat dan memiliki struktur laminasi, struktur lain yang juga ditemukan adalah silang-siur. Formasi ini terletak tidak selaras di atas formasi Sonde pada Kendeng Barat dan Tengah, sebaliknya selaras di atas Formasi Lidah pada Kendeng

Timur dengan ciri litologi dimulai dengan endapan breksi vulkanik yang menyolok. Formasi ini mempunyai penyebaran yang luas dan ketebalan mencapai 480 meter, di daerah Kendeng Barat satuan ini tersingkap luas antara Trinil dan Ngawi, di Bringinan mencapai ketebalan 100m dan di Kubah Onto sekitar 425 meter. Batuan berumur Pliosen Akhir (N21) hingga Pleistosen (N22) berdasarkan atas kehadiran *Globorotalia tosaensis tenuithea* Blow pada batas bawah, sedangkan batas atasnya tidak dapat ditentukan secara pasti. Formasi Pucangan dinyatakan selaras terhadap napal formasi Kalibeng di daerah Kendeng bagian timur dan terbagi atas 3 anggota sebagai berikut (de Genevraye & Samuel, 1972):

- a. Anggota batulempung terdiri atas batulempung biru gelap dan napal lempungan dengan batupasir dan lignit serta mengandung moluska laut yang melimpah.
- b. Anggota batupasir dan napal tufaan dengan moluska air laut dan fragmen koral.
- c. Anggota vulkanik kasar yang terdiri atas breksi dan batupasir.

Formasi Pucangan memiliki lingkungan pengendapan berbeda-beda, di daerah Trinil dari Kendeng Barat diwakili breksi vulkanik dengan sisipan batupasir, tufa dan lempung hitam kaya moluska air tawar sehingga diendapkan pada lingkungan non marine. Perubahan lingkungan pengendapan berubah ke arah timur (Kendeng Timur) mulai Jombang hingga Sidoarjo, yakni menunjukkan endapan marine dengan horizon yang mengandung moluska laut ditemukan di lokasi tipe antara piroklastik.

3. Grenzbank

Lapisan Grenzbank adalah batuan kapur yang terbentuk dari kerap terjadinya perubahan daratan menjadi laut dan sebaliknya, yang dibarengi proses terangkatnya daratan, dan masih ditambah timbunan material vulkanik, proses ini diakhiri dengan terbentuknya daratan. Tersusun dari paduan mineral, gamping, batuan beku, lempung, fosil moluska, dan foraminifera. Campuran ini menandakan adanya kehidupan laut yang bercampur endapan aktivitas gunungapi dan erosi dari pegunungan Kendeng. Terdapat juga endapan kapur yang biasa terbentuk pada

kondisi iklim yang sangat kering. Seperti adukan semen, proses alam kala itu menjadikan lapis tanah ini menjadi begitu keras bagai beton, inilah Grenzbank yang artinya “zona batas”. Batas masa sangiran benar-benar menjadi daratan sempurna hingga kini.

Grenzbank 900 – 730.000 tahun lalu yaitu sangiran yang beralih menjadi daratan, dimana menjangkan dan kerbau purba berebut waktu dengan harimau dan gajah, menyisir tanaman yang tumbuh. Sementara itu, bumi bergolak. Batuan gamping, pasir dan kerikil terus berdatangan, mengendap. Sebelum menjadi daratan sepenuhnya, bumi Sangiran seolah riuh oleh pergerakan alam.

Grenzbank merupakan lapisan sebelum Kabuh. Nama ini berasal dari bahasa Jerman, yang berarti “zona batas.” (G.H.R. Von koenigswald, 1940). Terletak tepat dibawah lapisan kabuh, Grenzbank tebalnya sekitar 60 – 120 cm. Lapisan ini merekam jejak peristiwa alam sekitar 900 – 750 ribu tahun lalu. Saat itu sangiran masih berupa laut dangkal dengan laguna tempat hidup berbagai jenis kerang laut dan *foraminifera*. Sementara itu, Pegunungan Kendeng yang terlebih dahulu terbentuk disebelah utara Sangiran terkikis sungai yang membawa materi gamping untuk diendapkan di laut dangkal Sangiran. Endapan gamping yang bercampur dan merekatkan batuan-batuan lain itu membentuk lapisan khas, itulah yang disebut Grenzbank. Lapisan Grenzbank menyerupai beton semen yang sangat keras, terdiri dari konkresi konglomeratan / gamping solid.

4. Formasi Kabuh

Formasi ini memiliki lokasi tipe di daerah Kabuh, 7 km Utara Ploso Jombang. Fasies pada Formasi Kabuh di daerah Kendeng Timur terbagi atas 2, yakni Fasies Vulkanik dan Fasies Lempung Laut dengan batas fasies yang tidak jelas. Sayap selatan dari antiklin Pucangan dan Kedungwaru, Formasi Kabuh berkembang sebagai fasies vulkanik yang terdiri atas batupasir kasar dengan perlapisan silang siur seringkali terdapat sisipan konglomerat, batupasir tufa dan tufa. Sayap utara dari antiklin Kedungwaru, formasi ini sebaliknya berkembang sebagai fasies marine yang terdiri dari batulempung napalan, berwarna hijau

berselingan dengan batupasir halus hingga kasar dan batulanau, kadang-kadang mengandung glaukonit dalam jumlah cukup banyak. Dalam batupasir dan batulempungnya sering terdapat moluska laut secara setempat. Bagian bawah dari Formasi Kabuh ini terdiri dari lapisan batugamping konglomeratan yang berbentuk lensa-lensa dengan ketebalan 2 meter atau kurang. Perlapisan ini oleh Von Koenigswald disebut sebagai Grenzbank atau lapisan batas, di atas Grenzbank dijumpai perulangan endapan batupasir konglomeratan yang ke arah atas berubah menjadi batupasir dengan struktur silangsiur yang menunjukkan hasil endapan sungai. Perlapisan tampak pada komposit stratigrafi Plio-Pleistosen daerah Sangiran (Watanabe & Kadar, 1985). Urut-urutan batuan yang tersingkap di sayap utara ini selalu terletak selaras di atas Formasi Pucangan. Hubungan keselarasan antara Formasi Kabuh dengan Formasi Pucangan jelas tampak pada singkapan sepanjang Kali Sumberingin, daerah Mojokerto sampai Sidoarjo dan Surabaya.

Formasi ini mempunyai penyebaran geografis yang luas. Di daerah Kendeng barat Formasi ini tersingkap di Kubah Sangiran sebagai batupasir silang siur dengan sisipan konglomerat dan tufa setebal 100 meter, di desa Kabuh formasi ini memiliki ketebalan 148m, ke arah timur di Kali Sumberingin, ketebalan mencapai ± 300 m dan semakin ke timur formasi ini hanya dijumpai pada inti antiklin (antiklin Guyangan) yang akhirnya menunjam di bawah Selat Madura.

Batuan ini merupakan endapan fluviatil dimana terdapat struktur silang siur maupun endapan danau dengan terdapatnya moluska air tawar seperti yang dijumpai di Trinil. Penentuan umur formasi Kabuh didasarkan atas penemuan fosil vertebrata penunjuk *Axis lydekkeri* dan *Duboisia kroeseni* yang menunjukkan umur Pleistosen Tengah sebagai hasil korelasi yang dilakukan Von Koenigswald dengan fauna di India.

5. Formasi Notopuro

Formasi ini mempunyai lokasi tipe di desa Notopuro, Timur laut Saradan, Madiun yang sekarang dijadikan waduk. Penyusun utamanya terdiri atas batuan tufa berselingan dengan batupasir tufa, breksi vulkanik dan konglomerat. Tufanya pada umumnya berlapis berwarna coklat kemerahan, berbutir halus, mudah diremas

dan mempunyai porositas yang baik. Makin ke atas terdapat sisipan batupasir tufa yang semakin banyak, berwarna kelabu, berbutir sedang mengandung kuarsa, feldspar, mineral mafik, terpilah buruk kompak dan porositas buruk. Sisipan yang 19 lain berupa lensa breksi vulkanik berwarna gelap (hitam) dengan fragmen kerakal yang terdiri atas andesit dan batuapung, terpilah buruk, membundar tanggung, dalam massa dasar pasir dan kompak. Batu apung ini merupakan ciri khas Formasi Notopuro, terdapat sebagai fragmen dalam breksi vulkanik maupun konglomerat vulkanik, bahkan di dalam tufanya sendiri sebagai kepingan kecil.

Formasi ini terletak selaras diatas Formasi Kabuh, tersebar sepanjang Pegunungan Kendeng sayap selatan mulai dari Salatiga di barat hingga Mojokerto sebelah timur dengan ketebalan mencapai lebih dari 240 meter. Berumur Pleistosen Akhir (Marks, 1957). Formasi ini pada umumnya merupakan endapan lahar di daratan.

6. Teras dan Deposit Alluvial (Endapan Holosen-Resen)

Endapan Teras terjadi di sepanjang Sungai Comoro, Sungai Pohjar dan hulu Sungai Brangkal. Dalam arti luas, mereka dapat dibagi menjadi Teras yang lebih tua dan endapan teras yang lebih muda. Endapan Teras yang lebih tua terutama tersebar di sekitar stasiun triangulasi dan dari permukaan yang agak datar di punggung bukit. Endapan Teras yang lebih tua, dengan ketebalan beberapa meter, terdiri dari pasir, kerikil kerikil dan kerikil kerikil, dan mengandung sisipan tipis lanau. Di stasiun T356 setinggi 183 m, yang merupakan titik tertinggi di kawasan Sangiran, hamparan kerikil berpasir, setebal sekitar 1 m, menutupi bagian tengah Formasi Kabuh secara sumbang. Lapisan kerikil berpasir ini mengandung kerikil kalsedon bersudut yang telah dianggap sebagai indikator endapan Teras. Bagian atas bedengan yang lapuk ini berwarna coklat tua dan membentuk permukaan sempit yang dibudidayakan sebagai lahan pertanian di sekitar stasiun T356. Lapisan kerikil berpasir dianggap sebagai endapan Teras yang lebih tua. Namun, harus diingat bahwa lapisan pasir berkerikil dari Formasi Notopuro yang secara selaras menutupi lapisan Lahar Atas juga mengandung beberapa kerikil kalsedon di Grenjeng. Selain itu, di S49 dekat Bapang, yaitu sekitar 130 m di atas permukaan laut, sebuah dasar seperti teras yang secara tidak selaras berbatasan

dengan dasar Lahar Atas Formasi Notopuro. Lapisan ini tebalnya sekitar 3,5 m. Bagian bawahnya, setebal sekitar 1 m, terdiri dari kerikil batu apung dengan ukuran kerikil dan kerikil. Bagian yang tersisa, setebal sekitar 2.5 m, terdiri dari abu-abu kekuningan dan pasir berbutir kasar dengan kerikil kerikil yang melimpah. Distribusi lapisan ini terbatas pada area sempit di lereng bukit. Teras bantalan batu apung seperti lapisan mungkin juga termasuk lapisan Batu Apung Atas dari Formasi Notopuro, bukan endapan Teras yang lebih tua.

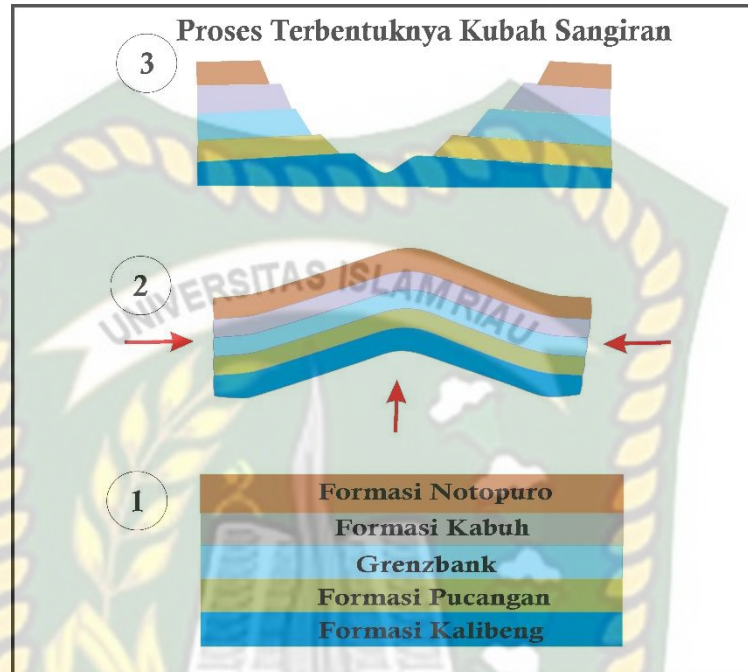
Seperti disebutkan di atas, Endapan Teras yang lebih muda, dengan ketebalan beberapa meter, secara tidak selaras menutupi strata Pliosen dan Pleistosen. Deposit ini terutama terdiri dari pasir, kerikil kerikil dan kerikil kerikil. Permukaan pengendapan sekitar 10 sampai 20 m di atas dasar sungai. Secara umum, endapan Teras yang lebih muda tersebar di lereng perbukitan maupun di sepanjang aliran sungai.

Endapan aluvial baru-baru ini tersebar di sepanjang sungai dan biasanya membentuk dataran banjir atau dasar sungai yang sempit. Pada daerah berlumpur dan berlempung yang dilatarbelakangi oleh Formasi Pucangan dan Kalibeng, dataran banjir cukup luas, terutama di sepanjang Sungai Cemoro bagian tengah Kubah Sangiran. Dataran banjir ini sering dibatasi oleh massa tanah longsor.

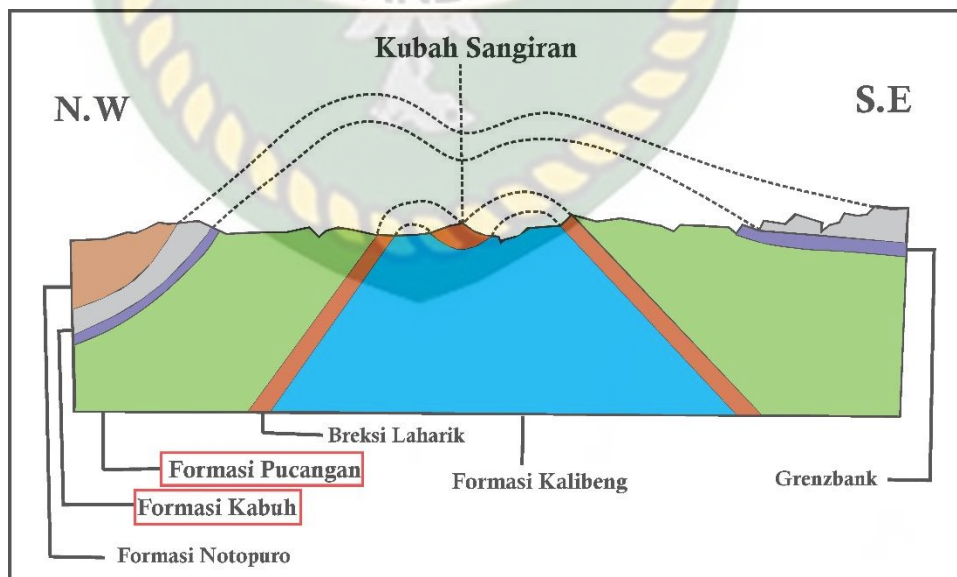
2.1.2. Sejarah Terbentuknya Kubah Sangiran

Pada awalnya sangiran merupakan lautan dangkal. Pada saat itu keadaan bumi masih belum stabil seperti sekarang, di beberapa bagian bumi seringkali mendapatkan pergerakan di dalam perut bumi yang disebabkan adanya dorongan tekanan endogen. Sangiran juga mengalami hal serupa, karena adanya dorongan tenaga endogen (dari dalam bumi) terjadi pengangkatan dan pelipatan pada permukaan laut sangiran. Akibat pelipatan permukaan maka terbentuklah daratan-daratan yang mengisolasi sebagian lautan tersebut sehingga menjadi danau dan rawa-rawa. Saat terjadinya masa glacial (pembekuan), permukaan air laut menyusut, itu disebabkan karena adanya pembekuan es di kutub utara maka

munculah daratan di permukaan bumi. Danau dan rawa sangiran yang terbentuk dari lautan dangkal juga menjadi daratan kering.



(Gambar 2.3. Proses Terbentuknya Kubah Sangiran)



(Gambar 2.4. Rekontruksi Kubah Sangiran)

Proses pembentukan situs sangiran erat kaitannya dengan aktivitas gunung Lawu tua. Kubah sangiran diperkirakan terbentuk akibat gaya kompresi dari runtuh gunung Lawu tua, gaya endogen berupa pengangkatan dan pelipatan batuan serta gaya gravitasi bumi. Tenaga endogen yang terjadi berulang-ulang mengakibatkan permukaan batuan di sangiran naik akibatnya adanya dorongan di dalam dan membentuk bukit. Kemudian karena aktivitas gunung lawu membuat batuan perbukitan longsor dan membentuk kubah, batuan di sekitar sungai cemara pun ikut longsor. Akibat dari hal tersebut, terbentuklah lapisan batuan yang berbeda dari lapisan batuan permukaan. Lapisan batuan yang terbentuk adalah lapisan dari jaman purbakala dimana hasil dari terbentuknya batuan sangiran membuat para ahli purbakala dan masyarakat sekitar menemukan bukti-bukti kehidupan masa prasejarah. Singga kini lapisan batuan (stratigrafi) yang dapat ditemukan dan diteliti.

Akibat dari dorongan tenaga endogen pada awalnya, aktivitas erosi dan sedimentasi yang tinggi maka menyebabkan pengangkatan dan pelipatan batuan sangiran, sehingga lapisan batuan sangiran terbagi dari & lapisan (dari lapisan teratas) yaitu Formasi Notopuro, Formasi Kabuh, Grenzbank, Formasi Pucangan dan Formasi Kalibeng.

2.2. Asal-Usul Vertebrata

Istilah vertebrata berasal dari bahasa Latin yaitu *vertebratus* (Pliny), yang berarti gabungan dari tulang belakang. Hal ini erat kaitannya dengan kata vertebra yang mengacu pada salah satu tulang atau segmen tulang belakang. Karakteristik dan definisi vertrebrata tersebut adalah tulang punggung, dimana notochord (komposisi batang kaku dan seragam) yang ditemukan di semua chordates telah digantikan oleh serangkaian tersegmentasi elemen yang kaku (vertebrae), dipisahkan oleh sendi dari notochord). Namun, beberapa vertebrata telah kehilangan anatomi sekunder ini. Kolom vertebrata terdiri dari banyak tulang individu saling berhubungan dengan cakram intervertebralis. Disk vertebra ini dan intervertebralis menyediakan fleksibilitas dan gerakan pada tulang belakang (Ensiklopedia Indonesia Seri Fauna, 2003).

Hewan vertebrata adalah hewan dengan tulang punggung internal atau tulang belakang. Ada lebih dari 85.000 spesies hewan vertebrata yang hidup di alam ini seperti amfibi, burung, ikan, mamalia, dan reptil. Hewan darat yang paling besar ditemukan adalah vertebrata. Bahkan hewan laut besar pun, seperti ikan paus adalah hewan vertebrata.

Vertebrata adalah hewan multiselular yang kalau diusut dari fase embrionya, ia mempunyai tiga lapisan jaringan, yaitu di sebelah luar disebut ektoderm, ditengah mesoderm, dan di dalam yang membatasi rongga usus dinamakan entoderm (Pough, dkk, 1989).

Ahli biologi menempatkan makhluk hidup ke dalam berbagai kelompok. Pengelompokan ini, yang dikenal sebagai “taksonomi”, atau “sistematika”, diperkenalkan oleh pemikir dan ahli botani berkebangsaan Swedia pada tahun 1758, Carl von Linnee, yang lebih dikenal sebagai Carolus Linnaeus. Tata cara pengelompokan yang dibangun oleh Linnaeus dalam buku yang diterbitkannya yaitu *System Naturae* menandai awal klasifikasi modern bagi hewan dan terus berkembang hingga saat ini (Burhanuddin, 2010).

Sistem penamaan dan pengelompokan untuk binatang dan menjadi dasar bagi zoologi sistematika dengan mempergunakan suatu hirarki kategori bertingkat. Pertama, kelompok makhluk hidup dibagi menjadi kingdom, seperti kingdom dibagi lagi menjadi filum. Filum lebih jauh dibagi lagi menjadi filum. Filum lebih jauh dibagi lagi menjadi kelompok-kelompok kecil. Dari atas ke bawah, pengelompokannya adalah sebagai berikut:

1. Kingdom
2. Filum (Jamak Fila)
3. Kelas
4. Ordo
5. Famili
6. Genus
7. Spesies

Saat ini, sebagian besar ahli biologi menerima bahwa ada lima (atau enam) kingdom yang berbeda. Selain tumbuhan dan hewan, mereka menganggap kapang, protista (makhluk bersel satu dengan inti sel, seperti amoeba dan beberapa ganggang

primitif), dan monera (makhluk bersel satu tanpa inti sel, seperti bakteri), sebagai kingdom yang terpisah. Kadang bakteri dibagi lagi menjadi eubakteri dan archaebakteri, sehingga dibagi menjadi enam kingdom atau dalam perhitungan lain, tiga “*superkingdom*” (eubakteri, archaebakteri, dan eukariot). Yang paling utama dari semua kingdom ini tak diragukan lagi adalah kingdom hewan. Dan pengelompokan besar dari kingdom hewan seperti yang kita lihat sebelumnya adalah dalam berbagai filum. Ketika menentukan filum yang mana, kita harus selalu mengingat kenyataan bahwa setiap filum memiliki struktur fisik yang benar-benar berbeda. *Arthropoda* (serangga, laba-laba, dan makhluk lain dengan kaki berbuku-buku) sebagai contoh, adalah filum sendiri, dan semua binatang dalam filum ini mempunyai kesamaan struktur fisik yang mendasar. Filum yang disebut *Chordata* meliputi makhluk dengan *notochord* atau lebih dikenal tulang belakang. Semua hewan dengan tulang belakang seperti ikan, burung, reptilia, dan mamalia yang kita kenal dalam kehidupan sehari-hari termasuk dalam sub-filum dari *Chordata* yang dikenal sebagai vertebrata (Burnie, 2002 & Mader, 2001).

Seperti yang telah disebutkan di atas, salah satu filum yang muncul tiba-tiba pada zaman Kambrium adalah *Chordata*, makhluk yang memiliki sistem saraf pusat yang terlindung dalam suatu tengkorak dan *notochord* yang kemudian dimasukkan ke dalam Phylum *Chordata*. Nama dari Filum ini diambil dari struktur penyokong tubuh tersebut. Hewan ini merupakan hewan bercoelom (berongga nyata) ditandai dengan adanya khorda atau *notochord* sebagai rangka poros, terletak di antara pencernaan dan sistem saraf pusat. Penyokong tubuh yang lentur dan bervakuola tersebut membentang sebagai batang dari anterior sampai ke ekor (cauda). Filum *Chordata* ini menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dan mengherankan dalam hal bentuk tubuh, faal maupun kebiasaannya. Filum ini tampak mencakup hewan yang satu dengan yang lainnya, misalnya Gajah yang berukuran besar dengan *Saccoglossus* yang berbentuk seperti cacing. Pada *Chordata* tingkat rendah, misalnya *Tunicata* atau *Chepalochordata* batang penyokong tubuh itu berkembang secara langsung dari jaringan endodermis (Colby, 1997). Pada hewan tingkat tinggi, dalam pertumbuhannya hingga dewasa (ontogeni) batang Khorda digantikan tulang rawan atau tulang yang terdiri dari ruas-ruas tulang belakang atau vertebrata.

Sumsum tulang belakang yang merupakan sistem saraf tubular atau biasa dikenal dengan medula spinalis dimiliki oleh semua filum *Chordata*. Letak jantungnya ventral dan farings berfungsi sebagai celah insang embrio. *Chordata* umumnya mempunyai organ ekskresi yang segmental. Di bawah chorda dorsalis atau notochord akan dijumpai suatu pembuluh yang berisi materi lunak yang merupakan pusat sistem saraf (nerve cord). Pada bagian anterior terjadi deferensiasi menjadi bentuk bulatan yang disebut otak. Dari batang saraf tersebut akan keluar tali-tali saraf yang memberikan pensarafan pada bagian –bagian tubuh. Bentuk yang bersifat universal pada semua *Chordata* adalah Visceral (organ dalam). Salah satu celah visceral yaitu adalah celah insang yang mempunyai hubungan erat dengan pernapasan. Pada vertebrata tingkat rendah alat pernapasan digunakan dalam mekanisme pengambilan makanan, sedangkan pada vertebrata tingkat tinggi dewasanya alat pernapasan pada bagian tertentu mengalami perubahan menjadi kelenjar endokrin atau fungsi lain.

2.3. Konsep Evolusi Vertebrata

Penafsiran struktur dibuat lebih berarti untuk mencari hubungan perkerabatan dengan gambaran umum dari proses evolusi. Diperkirakan bahwa untuk memahami hal ini, harus mempunyai pengetahuan umum tentang perubahan asal-muasalnya perubahan sifat-sifat keturunan, seleksi alam, dan pergantian tanah.

Menurut pertimbangan umum, antara perubahan evolusi dengan kestabilan lingkungan erat sekali hubungannya, dengan sedikit kekecualian bahwa evolusi sebagai permainan perubahan lingkungan dan adaptasi dari makhluk hidup. Setiap macam hewa menyesuaikan diri tergantung dari jenis kehidupan tertentu (pemangsa, pemakan biji-bijian, pemakan rumput). Jika habitat itu luas dan tetap (rawa, sungai, padang rumput). Jika habitat itu luas dan tetap (laut, hutan tropis, hutan pinus), hewan yang menghuninya akan mempunyai waktu untuk membiasakan diri. Akan sangat berfaedah untuk setiap species, bila dapat tetap seperti bagaimana adanya, dengan demikian seleksi alam memperlihatkan tidak ada perubahan. Habitat yang besar bergerak lambat di dalam sejarah bumi (misalnya lempengan es benua, kemajuan hutan hujan, dan kemundurannya), tetapi hewan-

hewan umumnya bergerak maju bersamanya, tetap menyesuaikan diri, dan mengalami perubahan relatif sedikit.

Jika perubahan habitat terlalu cepat untuk spesies penghuninya untuk menyesuaikan diri dengan sifat-sifat yang baru, pada waktu spesies itu mau menyesuaikan diri, habitatnya itu tidak berubah, tetap menghilang. Seperti tanah yang lambat-lambat menjadi miring, pulaunya tenggelam ke dalam laut, hanya meninggalkan garis pantai pada bukit-bukit yang kering, padang rumput dari tahun tersisihkan oleh semaian biji pohon-pohonan dan akhirnya menjadi hutan. Kekuatan seleksi alami (misalnya tekanan seleksi) untuk mempertahankan jalan hidup lama menjadi lemah, karena habitat bertambah lama menjadi bertambah kurang dengan nyata. Akhirnya kelainan-kelainan yang ekstrim di dalam populasi menjadi lebih menyenangkan untuk hidup di dalam habitat yang baru, daripada menempuh jalan hidup lama; asalkan habitat baru itu (satu atau beberapa) menyediakan keadaan fisi yang menyenangkan dan tidak ditempati hewan saingan. Tekanan seleksi, kemudian menjadi lebih kuat dan mengubah jalan hidup lama ke arah yang baru.

Banyak faktor yang turut serta untuk mensukseskan jenis evolusi yang tidak menentu itu. Struktur khusus yaitu struktur yang telah mengalami perubahan untuk melakukan fungsi tertentu, dengan sangat terbatas tetapi daya gunanya tepat; sedangkan struktur tak khusus tidak terbatas pada melakukan fungsi-fungsi yang khusus, melainkan dapat melakukan banyak fungsi tetapi ketepatannya kurang. Struktur yang tak khusus mempunyai kemampuan lebih banyak untuk perubahan evolusi, dapat hidup terus dengan jalan mengubah apa-apa yang perlu. Jadi, kaki yang berjari lima dari hewan nenek moyang, telah berubah menjadi pegas menyokong, sayap, dayung, organ penggaruk, dan sebagainya. Organ-organ khusus fungsinya akan sangat memuaskan selama fungsi yang terbatas tersebut masih diperlukan (seperti misalnya selama masih banyak semut untuk tringgiling dan selama krikil untuk ikan paus bersisir), tetapi bila diperlukan fungsi baru, organ yang demikian jarang dapat menyesuaikan diri. Kaki kuda yang dikhususkan untuk berlari cepat, dalam teori dapat saja berubah menjadi organ penggaruk, tetapi di dalam kenyataannya proses evolusi tidak berkenan untuk mengadakan perubahan

demikian. Macan “bergigi pedang” ternyata punah, disebabkan mangsanya yang berkulit tebal semuanya mati. Beberapa jenis burung bangau (flamingo) sekarang tergantung dari adanya danau air payau, dimana mereka akan mendapatkan diatomi yang menjadi makanannya.

Bila suatu spesies harus cepat-cepat menyesuaikan diri terhadap perubahan kondisi lingkungan, tidak akan cukup waktu untuk memperkembangkan seluruh perlengkapan baru dari sifat-sifat strukturnya. Sesungguhnya harus ada waktu untuk mengintensifkan atau mengubah pengguna dari sifat-sifat yang telah ia punyai. Ditemukan suatu seleksi alami, bahwa suatu struktur yang berguna sebelumnya, sekarang berguna pula untuk keperluan yang lain. Struktur yang demikian dikatakan mempunyai sifat pre-adaptasi. Misalnya untuk mengubah kaki yang fungsinya untuk berjalan dari reptilia menjadi sayap burung pertama yang digunakan untuk terbang, pada evolusi merupakan pekerjaan besar yang dilakukandalam jangka waktu lama sekali. Mempergunakan sayap sebagai alat berenang daripada sebagai alat untuk terbang, bagi beberapa kelompok burung sederhana saja dan relatif cepat suatu penyingkatan waktu evolusi selama beberapa puluh juta tahun. Bentuk yang tidak terkhususkan dan pre-adaptasi, merupakan kartu yang baik untuk menentukan apakah nanti hewan dapat menemukan jalan hidup baru atautkah menjadi punah. Berikut ini klasifikasi vertebrata sesuai objek penelitian di situs Sangiran, di antaranya:

2.3.1. Mammalia

Hewan menyusui atau Mammalia (*Mammalia* = hewan menyusui), suatu kelas *Vertebrata* atau hewan bertulang belakang yang merupakan kelompok tertinggi derajatnya dalam dunia hewan. Pertama timbul pada akhir zaman Trias dari moyang *Terapsida*, mereka dicirikan dengan adanya kelenjar susu, yang pada betina menghasilkan susu sebagai sumber makanan anaknya. Dengan kelenjar susu yang dimilikinya sehingga dapat mengasuh anak secara intensif yaitu dengan menyusui. Ciri lain adalah rambut, tiga tulang telinga tengah yang digunakan dalam pendengaran, dan wilayah neokorteks di otak, dan tubuh yang endoterm atau “berdarah panas” (homoitherm). Hewan ini memiliki anggota tubuh yang efisien dan tempo pertukaran zat yang tinggi sehingga mampu bergerak dengan kuat dan

cepat. Pertukaran zat diperbaiki oleh perubahan dalam sistem pembuluh darah, adanya bulu, pemisahan saluran pernapasan dan makanan dan suatu rongga dada yang mengalami kekhususan. Kecerobohan ini dikombinasi dengan kemampuan hewan untuk sekaligus menempati berbagai niche (relung) ekologis.

Mammalia terdiri lebih dari 5.400 species, tersebar sekitar 1.200 genera, kurang lebih 3.000 species yang diketahui dan 2.000 lainnya sudah mengalami kepunahan. Mereka tersebar dalam 425 keluarga dan hingga 46 ordo, meskipun hal ini tergantung klasifikasi ilmiah yang dipakai (Bininda dkk, 1999). Mereka menghuni setiap benua dan telah dijajah berbagai relung termasuk padang rumput, lahan basah, semak belukar, laut dan lautan, di bawah tanah, gunung, daerah kutub dan gurun. Ukurannya berbeda-beda, dari yang terkecil kurang dari 5 cm (tikus kecil) yang besar adalah gajah dan yang paling besar adalah ikan paus (*Belanophora musculus*) yang bisa mencapai panjang 8 meter dengan berat 115 ton (Corbet & Hill, 1992).

Evolusionis menyatakan bahwa semua spesies mammalia berevolusi dari satu nenek moyang yang sama. Teori evolusi menyatakan bahwa beberapa makhluk rekaan yang muncul dari laut berubah menjadi reptile dan bahwa burung berasal dari reptile yang berevolusi. Menurut scenario yang sama, reptile bukan hanya nenek moyang burung, melainkan juga nenek moyang mammalia. Meskipun struktur reptile dan mammalia sangat berbeda. Reptile bersisik pada tubuhnya, berdarah dingin dan berkembang biak dengan bertelur, sedangkan mammalia memiliki rambut pada tubuhnya, berdarah panas, dan memproduksi dengan melahirkan anak. Selain dari itu, rahang mammalia hanya terdiri dari satu tulang rahang dan gigi-gigi ditempatkan pada tulang ini. Rahang reptile memiliki tiga tulang kecil pada kedua sisinya. Satu lagi perbedaan mendasar, mammalia memiliki tiga tulang pada telinga bagian tengah (tulang martil, tulang sanggurdi, dan tulang landasan); sedangkan reptile hanya memiliki satu tulang. Evolusionis menyatakan bahwa rahang dan telinga bagian tengah reptile berevolusi sedikit demi sedikit menjadi rahang dan telinga mammalia. Meski demikian evolusionis tak mampu menjelaskan bagaimana perubahan ini terjadi. Khususnya, pertanyaan utama yang tetap tidak terjawab adalah bagaimana telinga dengan satu tulang berevolusi

menjadi telinga tiga tulang, dan bagaimana pendengaran tetap berfungsi selama perubahan ini berlangsung (Yahya, 2001).

Ciri-ciri Mammalia:

- a. Sebagian besar Mammalia melahirkan keturunannya, meski ada beberapa mamalia yang tergolong ke dalam Monotremata yang bertelur. Pada mamalia betina mempunyai kelenjar kulit di sisi bawah tubuh (di dada, perut atau bahkan ketiak), yang mengeluarkan susu sesudah melahirkan. Kelenjar susu menyerupai kelenjar keringat kemungkinan berasal dari kelenjar itu.
- b. Mammalia memiliki integumen yang terdiri dari 3 lapisan: paling luar adalah epidermis, yang tengah adalah dermis, dan yang paling dalam adalah hipodermis. Epidermis biasanya terdiri atas 30 lapis sel yang berfungsi menjadi lapisan tahan air. Sel-sel terluar dari lapisan epidermis ini sering terkelupas; epidermis bagian paling dalam sering membelah dan sel anaknya terdorong ke atas (ke arah luar). Bagian tengah, dermis, memiliki ketebalan 15-40 kali dibandingi epidermis. Dermis terdiri dari berbagai komponen seperti pembuluh darah dan kelenjar. Hipodermis tersusun atas jaringan adipose dan berfungsi untuk menyimpan lemak, penahan benturan, dan insulasi. Ketebalan lapisan ini bervariasi pada setiap spesies (Carwardine, 1995).
- c. Tubuh Mamalia diliputi bulu atau rambut yang lepas secara periodik. Rambut dapat berupa bentuk, mulai dari duri, untuk alis mata, bulu mata, bulu dan bahkan kumis. Pada ikan paus hanya ada beberapa helai bulu di tenggorokan, yang kemudian hilang setelah dewasa. Setiap bulu merupakan kepanjangan serat seluler yang berisi udara. Setiap bulu tumbuh dari suatu kantung bulu dalam kulit. Kantung-kantung bulu terletak miring sehingga bulu terletak pada arah tertentu. Kantung-kantung ini dilengkapi kelenjar palit yang mengeluarkan zat semacam minyak (*sebum*), yang menyebabkan bulu mengkilap. Biasanya pada setiap individu ada beberapa tipe bulu, baik bersamaan (bulu bawah yang tebal, rapat satu di atas yang lain, dan bulu penutup yang lebih jarang, lebih kasar atau tajam menusuk), maupun terpisah (seperti bulu halus, tidak berpigmen di sisi bawah tubuh). Bulu

dapat dibuat berdiri karena otot-otot di dalam kulit. Ada bulu tertentu yang kaku lengkap dengan saraf. Fungsinya sebagai alat peraba, khusus di kepala, misalnya bulu misai (Koepfli dkk, 2008).

2.3.1.1. Asal-usul Manusia (Primata : Nenek Moyang Manusia)

Pada abad ke-19, ide-ide Darwin yang digambarkan dalam bentuk karikatur “Manusia keturunan dari monyet”, telah menghebohkan dunia. Semenjak abad ke-18, di dalam klasifikasi Linnaeus, manusia juga seperti monyet, telah ditempatkan ke dalam orde primata. Nama itu sendiri (yang berasal dari kata Latin *prima*) berarti nomor satu, dimana Manusia dan Monyet terletak di puncak kerajaan binatang. Pada kenyataannya, orang mengetahui sekarang bahwa hal ini hanya merupakan suatu hubungan secara filogenik dan bukan hubungan keturunan secara langsung. Manusia dan Monyet besar mempunyai satu nenek moyang yang sama.

Primata muncul di akhir zaman Sekunder, yaitu sekitar 70 juta tahun yang lalu. Sub-orde yang paling primitif, yaitu Prosimian, saat ini diwakili oleh Lemurian dari Madagaskar dan Tarsian dari Indonesia. Sub-orde dari Simian yang lebih maju terdiri dari Platyrrhinian (monyet dari Amerika selatan) dan Catarrhinian. Di antara Catarrhinian ini terdapat famili Pongidae (monyet besar seperti orang utan Indonesia, gorila, dan simpanse dari Afrika) serta famili Hominidae.

Para ahli paleontologi, terutama berdasarkan perihal gigi, mencari primata yang menjadi nenek moyang dari garis keturunan Hominidae di antara fosil yang berumur Miosen dan Pliosen. Di antara fosil tersebut terdapat misalnya *Ramapithecus* (ditemukan di Afrika, Eropa, dan Timur jauh di dalam endapan yang berumur 14 hingga 8 juta tahun) atau *Ouranopithecus* (di Yunani yang berumur 9 hingga 10 tahun) dan ditemukan dengan wajah yang hampir lengkap di tahun 1989.

1. Genus Homo

Manusia pertama yang diikuti oleh para ahli adalah *Homo habilis*, yang muncul sekitar 2,5 juta tahun yang lalu di Afrika. Fosilnya yang paling tua berasal dari Kenya. Dari beberapa segi tampak lebih modern daripada *Australopithecus*, yaitu mempunyai otak yang lebih kompleks dimana ruang perkembangan artikulasi bahasanya telah terbentuk. *Homo habilis* berdiri lebih tegak daripada

Australopithecus. Dia bersifat omnivor (pemakan segala), seperti yang ditunjukkan oleh bekas-bekas goresan pada giginya. Tetapi terutama fosilnya selalu ditemukan berasosiasi dengan banyak alat batu yang merupakan saksi dari suatu teknologi dan bukan sari suatu penggunaan peralatan yang hanya kebetulan saja.

Kira-kira 1,7 juta tahun yang lalu muncul *Homo erectus* yang lebih maju dari *Homo habilis*. Kerangkanya (kecuali tengkorak) mendekati kerangka manusia modern. Anak kecil yang disebut WT 1500, ditemukan di Kenya utara pada tahun 1984, tingginya sudah lebih dari 1,60 m pada umur 13 atau 14 tahun. Tetapi tengkorak *H. erectus*, walaupun kapasitasnya yang diketahui mendekati ataupun melebihi 1000 cm³, masih tetap sangat berbeda dengan manusia modern. Sebagai contoh, jika dilihat dari arah belakang (*posterior*), tengkorak tersebut selalu lebih lebar di sekitar dasarnya tulang occipital (*torus occipitalis*) dimana menempel otot-otot leher. Juga terdapat penebalan (*torus*) di atas orbit, dan penyempitan di belakang orbit, serta sering juga terdapat tonjolan kecil (*sagittal carene*) di tempat sutura longitudinal dari tulang parietal. *Homo erectus* selalu mempunyai kening yang rendah, mandibulanya sangat kuat dan tidak mempunyai dagu.

Dewasa ini beberapa ahli antropologi bertanya-tanya apakah *Homo erectus* benar-benar merupakan suatu spesies tersendiri atau hanya suatu bentuk yang sangat arkais (kuno) dari *Homo sapiens*.

Bagaimanapun *Homo erectus* adalah manusia pertama yang meninggalkan Afrika untuk menghuni benua lainnya. Kita dapat menemukannya di Eropa, India, Cina, dan tentu saja di Jawa. Paling tidak beberapa puluh ribu tahun telah cukup untuk ekspansi ini.

2.3.2. Reptilia

Reptil, salah satu kelas hewan bertulang belakang yang tergolong dalam filum chordate meliputi hewan –hewan yang mempunyai kerangka berbentuk batang yang keras tetapi lentur berupa notokorda. Reptilian adalah hewan pertama yang benar-benar hewan daratan, yang tersebar di seluruh kawasan bumi, bahkan di daerah Kutub Utara, tetapi jenis ini terbanyak masih terdapat di daerah tropis dan sub-tropis.

1. Ciri-ciri reptil:

Reptilian merupakan hewan berdarah dingin yang dibagi menjadi empat ordo yang masih hidup. Reptilian boleh didapati di seluruh dunia dari kawasan padang pasir yang kering, hingga berates meter di dalam laut. Namun reptiliatidak terdapat di kawasan kutub dan punak gunung. Reptilian tergolong dalam hewan yang bertulang belakang dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Tubuh terbungkus oleh kulit kering yang bersisik atau menanduk, biasanya dengan sisik atau bercarapace, beberapa ada yang memiliki kelenjar permukaan kulit.
- b. Mempunyai dua pasang anggota, yang masing-masing 5 jari dengan kuku-kuku yang cocok untuk lari, mencengkram dan naik pohon. Bagi yang masih hidup di air kakinya memiliki bentuk dayung dan pada ular bahkan tidak memilikinya.
- c. Jantung tidak sempurna, terdiri dari 4 ruang, dua auricular dan sebuah venterikulus. Terdapat sepasang archus aoritikus, bererythrocyt dengan bentuk oval biconvex dan dengan nucleus.
- d. Bernapas melalui paru-paru; pada penyu juga bernapas dengan cloaca.
- e. Berdarah dingin dengan kata lain tidak memiliki suhu badan tetap, melainkan suhu tubuh tergantung pada lingkungan.
- f. Fertilisasi terjadi di dalam tubuh, biasanya memiliki alat kopulasi, telur besar dengan banyak yolk, berselaput kulit lunak atau bercangkok tipis. Kebanyakan reptilian bertelur (oviparous), walaupun sesetengahnya adalah (ovoviviparous), menyimpan telur di dalam perut ibu sehingga menetas.

2. Asal-usul reptil

Sejarah reptilia dalam R. Zangerl (1969) dibagi dalam tiga tahap perkembangan, yaitu *pertama* mulai pada Zaman Karbon Atas, sekitar 300 juta tahun lalu dengan munculnya *Cothylosauria*. Diperkirakan dari situ mungkin berevolusi semua kelompok sesudahnya, dan berakhir di Zaman Trias, sekitar 200 juta tahun lalu. Meskipun selama tahap 100 juta tahun ini berbagai jumlah kelompok reptilian hidup di darat, yang terbanyak terdapat

ialah reptilia sebangsa mamalia, termasuk dua ordo *Pelycosauria* dan *Therspsida*. Reptilia sebangsa mamalia mencakup cabang herbivora maupun karnivora. Yang pertama sangat banyak jumlah spesies dan individunya dan yang terakhir lebih sedikit menurut fosil-fosil yang ditemukan. *Therapsida* terjadi dari *Pleycosauria* dan dari *Therapsida* karnivora kecil berkembanglah mamalia yang menjelang akhir Zaman Trias ditemukan sebagai fosil pada saat *Dinosaurus* mengawali evolusinya.

Tahap *kedua* mulai pada Zaman Trias sekitar 200 juta tahun yang lalu, pada saat reptilia yang ada sebagian besar diganti oleh Achosauria yang menguasai daratan selama sisa Masa Mesozoikum, sekitar 130 juta tahun yang lalu. Inilah zaman besar *Dinosaurus* di daratan, *Pterosauria* di udara dan buaya di air tawar dan lautan. Pada saat Zaman Jura mulai, burung pun terjadi dari kelompok ini. Selama tahap kedua, timbul kelompok-kelompok reptilia lain, yaitu *Ichthyosauria* dan *Plesiosauria* laut. Tahap *ketiga* evolusi reptilia diawali sekitar 70 juta tahun yang lalu pada akhir Masa Mesozoikum pada saat *Dinosaurus*, *Pterosauria* dan reptilian laut punah. Alasan kepunahan itu belum diketahui. Selama 70 juta tahun terakhir, mamalia mulai mengambil posisi utama. Perlu dicatat bahwa kelompok reptilia yang saat ini masih hidup telah mempunyai riwayat panjang dan penuh sukses. Buaya, kura-kura, kadal dan kerabat tuatara berasal dari Zaman Trias dan ular berkembang dari nenek moyang sebangsa kadal dari zaman tersebut.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Penelitian paleontologi ini didapat objek penelitian berupa:

1. Data dari Laboratorium Museum Induk Sangiran: Makrofosil vertebrata yang terdiri dari: *Homo erectus*, *Elephas namadicus*, *Bos sp*, *Bibos sp*, *Crocodylus sp*, dan *Hexatoprodon sp*. Bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis struktur fosil vertebrata beserta klasifikasi taksonominya.
2. Data sekunder dari peneliti di Museum Sangiran yang terdiri dari: makrofosil vertebrata lain dan nanofosil yang bertujuan untuk melihat interaksi fauna lain dan paleoekologi daerah penelitian.

3.2. Alat dan Bahan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk keperluan penelitian paleontologi ini yaitu:

1. Lup (kaca pembesar)
2. Sampel makrofosil vertebrata
3. Jangka sorong
4. Mistar
5. Kamera
6. Clipboard
7. Alat tulis kerja (buku sketsa, pensil mekanik, *drawing tab*, dll)

3.3. Tahap Penelitian

3.3.1. Tahap Persiapan

1. Tahap pertama ini dilakukannya sebelum mengambil dan mengolah data makrofosil, pada tahap ini kegiatan yang dilakukan yaitu menentukan target lokasi penelitian yang berada di situs Sangiran, provinsi Jawa Tengah dan informasi mengenai daerah penelitian dari berbagai sumber yang tervalidasi mengenai informasi geologi maupun paleontologi di daerah penelitian.

2. Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh informasi yang general untuk keadaan geologi dan paleontologi di daerah penelitian secara regional. Sehingga dari penelusuran studi pustaka tersebut diperoleh data sekunder berupa stratigrafi, geologi struktur regional, dan dasar teori penelitian.
3. Penyusunan rencana kerja di daerah penelitian termasuk di dalamnya didapatkan metode penelitian yang bertujuan untuk dapat memperkirakan waktu, alat dan bahan, dan dana selama penelitian.

3.4. Tahap Analisis Data

Tahap analisis ini dilakukan di Laboratorium yang meliputi identifikasi fosil, analisis struktur, dan interpretasi paleoekologi beserta filogenetik fosil yang diteliti.

3.4.1. Identifikasi Tulang dan Taksonomi

Meidentifikasi fosil tulang dengan taksonomi menggunakan kajian morfologi dengan lembar deskripsi makrofosil. Kerangka dan takson dari mana mereka berasal dari suatu keturunan dapat saja mempunyai suatu sifat-sifat yang serupa satu sama lainnya, yang tidak dipunyai nenek moyangnya

Tulang mengandung kadar organik yang hampir sama dengan dentin (gigi) dan jika ada umumnya terdapat di sebelah dalam dari dentin dan berkembang di bagian dalam dan terbatas pada dermis. Umumnya mempunyai sel-sel tulang interna (osteosit) terletak di dalam rongga kecil (lakuna) yang berhubungan dengan osteosit lainnya dengan perantaraan saluran kecil (kanalikuna). Tulang aselular bagaimanapun juga, terdapat umum pada *Pterapsida* dan *Teleostei*. Perkerabatan nenek moyang antara tulang selular dengan aselular selalu masih dalam perselisihan. Tulang (semacam osteodentin) sifatnya serupa osteon (di sini juga dinamakan sistem Haversi), tetapi jika ini berhubungan dengan permukaan interna dan eksterna selalu sebagai lembaran-lembaran lamina (seperti orthodentin). Tulang dapat saja kompak atau vascular, atau seperti spons. Ia dapat berisi sedikit serabut kolagen intrinsic, atau banyak yang berlapis-lapis dan membuat tulang menjadi lunak dan lentur. Serabut kolagen lain (serabut Sharvey's) dapat menembus tulang atau dentin dari jaringan ikat yang berhubungan mengikat sisik-sisik bersama-sama dan melekatnya pada

tubuh. Lamela dan osteon tulang dapat dirusak dan diganti pada permukaan dalam atau luar dengan sembarangan. Pertumbuhan mencakup reorganisasi atau penambahan.

Tanduk dan rangka dari *Tetrapoda* tipenya bermacam-macam. Cula yaitu tanduk badak dibangun oleh serabut-serabut yang menanduk dalam diameter sekitar $\frac{1}{2}$ mm, kemudian memadat membentuk struktur yang cukup kuat membuat lubang di dalam craniumnya. Pertumbuhannya dari epidermis di mana banyak papilla dermis kecil-kecil yang terletak pada dasar cula terbungkus olehnya. Tanduk ini tumbuh terus dan tidak pernah ditinggalkan ataupun diganti.

Tanduk jerapah hanya semata-mata merupakan penonjolan dari tulang tengkorak, dan selalu ditutupi dengan kulit.

Rangga adalah tanduk *Cervidae*, juga merupakan penonjolan dari tulang tengkorak, tetapi rangga diganti tiap tahun dengan yang baru. Tulang yang keras ditutupi dengan kulit yang disebut “velvet” hanya pada waktu selama pertumbuhannya saja. Jika besarnya itu cukup, aliran darah kepada velvet terputus, dan menyebabkan ia menjadi mati dan akhirnya mengelupas. Pada akhirnya musim kelamin, tulang pada pangkal rangga segera di bawah pertumbuhan yang kasar dinamakan bur menjadi lunak, dan rangga itu tanggal (putus). Rangga itu bentuknya bermacam-macam, seringkali sangat besar, dan pada hewan dewasa selalu bercabang-cabang.

Pronghorn hanya dipunyai oleh Artiodactyla Amerika. Di sini juga penonjolan tulang dari tengkorak yang dibungkus oleh kulit. Bagaimana pun juga sebagai pengganti pembentukan rambut, kulit membentuk tanduk. Sumbu tulangnya permanen dan selubung tanduknya mengelupas dan tumbuhnya kembali setiap tahun.

Tanduk sebenarnya dari ternak dan antelop (dan beberapa *Dinosaurus* dan *Chameleon* di antara Reptilia) mempunyai sumbu tulang yang vascular dan mungkin saja berisi perluasan dari sinus frontalis. Sumbu ini dibungkus dengan lembaran tanduk yang berasal epidermal yang permanen. Substansi tanduknya tidak berupa filamen seperti pada cula *Rhinoceros* dan tapak kuda.

Pertumbuhannya disebabkan karena adanya pengendapan interna, sehingga dengan demikian poros tulang menyelip keluar dan sekeliling pangkalnya tumbuh cincin-cincin tanduk.

Cula dan lembaran-lembaran dari tanduk sebenarnya itu sama, karena : masing-masing tumbuh hanya oleh skumulasi pada bagian basal dari amteri keras yang bentuknya tidak dapat berubah lagi. Dalam hal ini mereka mempunyai persamaan dengan cakar, gading, dan cangkang keong. Jika struktur demikian tumbuh pada derajat yang sama ke segala arah, mereka akan tumbuh lurus. Sering sekali derajat pertumbuhan sekiling pangkal tanduk tidak sama. Jika titik untuk pertumbuhan minimum terletak berlawanan dengan titik pertumbuhan maksimum, maka struktur yang terjadi selalu merupakan logaritma (bersudut sama) spiral. Tanduk badak merupakan salah satu contoh dari ini. Jika titik pertumbuhan maksimum, maka sumbat spiral dalam ruang dimasukan ke dalam logaritma spiral yang mendatar. Salah satu contoh dari ini adalah tanduk domba jantan.

Jumlah dan jenis gigi, khusus Mammalia mempunyai tiga atau empat jenis gigi. **Gigi seri** (incisor) disesuaikan untuk mengamankan makanan dan kadang-kadang untuk mempertahankan diri. Gigi tersebut bentuknya dapat saja seperti paku bentuk kerucut untuk menggenggam insekta atau daging, atau pisau sederhana untuk memotong batang tumbuh-tumbuhan. Gigi tersebut relative kecil dan akarnya tunggal. Gigi seri yang atas berakar di dalam premaksila. Jumlah gigi dinyatakan dalam istilah hanya untuk sebelah mulut dan biasanya ditulis sebagai fraksi, di mana perhitungan dari gigi atas merupakan numerator (pembilang) dan perhitungan dari gigi bawah merupakan denominator (penyebut). Gigi seri dan Eutheria selalu $3/3$ walaupun mereduksi secara sekunder. Perhitungan ini pada beberapa Marsipialia menjadi lebih besar.

Taring (caninum) letaknya di sebelah belakang gigi seri di dalam mulut. Bentuknya seperti paku besar dan akarnya satu. Jika tidak mengalami modifikasi secara sekunder taring itu panjang dan kuat serta berguna untuk menggenggam mangsa dan merobek-robeknya, begitu juga terhadap musuhnya. Jika tidak tereduksi, taring jumlahnya selalu $1/1$. Alveolus taring atas terletak di dalam,

atau segera di belakang sutura (persambungan) dua tulang rahang atas (premaksila dan maksila).

Semua gigi pengganti di belakang taring dinamakan **premolar**, dan semua gigi nondecidua dari generasi pertama dinamakan molar. Molar lebih besar daripada premolar dan mempunyai lebih banyak kuspis dan akar. Jumlah premolar dan molar di antara nenek moyang *Theria* yang menyusui, boleh jadi 4/4 dan 7-8/7-8. Jumlah yang primitive untuk *Eutheria* yang menyusui diperkirakan ada 4/4/ dan 3/3.

Perbedaan antara premolar dan molar kadang-kadang tidak jelas. Dari suatu tengkorak dewasa yang giginya sudah permanen semua, kita tidak mungkin dapat menentukan apakah molar ataukah premolar. Barisan gigi keseluruhan membentuk suatu seri sedemikian rupa, bahwa gigi-gigi yang berderet bentuknya hampir serupa. Spesialisasi dapat menyebabkan jenis jenis gigi tidak dapat dibedakan lagi. *Artiodactyla* mempunyai taring bawah yang bentuknya serupa dengan gigi seri, dan kuda mempunyai premolar yang serupa dengan molar. Kemudian perbedaan antara premolar dengan molar menjadi tidak ada, jika pergantian generasi gigi tidak sempurna atau tidak ada. Untuk sebab-sebab ini sering kali lebih tepat untuk kedua macam gigi ini kalau kita sebut gigi **graham** saja.

Gigi graham dari Mammalia primitif (Mammalia zaman Jura, Marsupialia, Insectivora) dan dari beberapa ordo yang sudah maju mempunyai beberapa kuspis. Molar atas mempunyai tiga kuspis yang khusus tersusun dalam bentuk segitiga. Molar bawah umumnya mempunyai lima kuspis. Terdapat juga kuspis tambahan. Kuspis tersebut tersusun sedemikian rupa sehingga jika mulut dikatupkan yang atas masuk di antara yang bawah. Gigi yang demikian sesuai untuk memakan makanan berupa daging atau Invertebrata.

Konstruksi dan interpretasi dari klasifikasi jika memilih tulisan atau karangan, dikehendaki untuk menentukan golongan-golongan dari bermacam-macam lapisan yang tersusun dalam tingkatannya. Jadi seorang pengantar Pos dapat memilih 6.250.000 alamat yang tersusun hanya dalam 50 nomor rumah di

dalam 50 jalan pada 50 kota dari 50 negara. Serupa dengan hal ini seorang ahli klasifikasi hewan menggunakan sejumlah kelompok hewan yang satu tersusun di dalam yang lainnya. Nama umum dipergunakan untuk kelompok taksa. Hirarki taksa ditentukan bagi setiap hewan, sehingga dari golongan yang paling tinggi sampai pada golongan yang paling rendah yaitu : **kingdom, filum, kelas, ordo, famili, genus, dan species.**

Ataupun golongan yang rendah dapat dihilangkan dari klasifikasi khusus jika ditinjau pengkajian yang ditangani tidak memerlukannya. Bagaimanapun juga setiap hewan dapat dibedakan dari yang lainnya dengan mempergunakan golongan ini. Walaupun tidak dinyatakan bahwa setiap hewan mempunyai kelas, ordo, family, dan sebagainya. Klasifikasi dari kumpulan hewan-hewan, sebangsa ikan yang berangka tulang, menghendaki kategori tambahan. Ini ditentukan baik dengan jalan membuat **ungkapan kata-kata baru** (misalnya kohor, cabang, division, tribe) atau dengan jalan lain menambahkan **awalan** semacam *sub* (bawah), *infra* (lebih rendah) atau *super* (lebih tinggi) terhadap kategori yang biasa. Di dalam akan lebih banyak menunjukkan kelas dan sub kelas. Beberapa infrakelas dan sekitar dua lusin ordo akan dicantumkan juga.

Masalah yang tinggal untuk menentukan derajat kekerabatan memerlukan kawanan hewan pada tingkatan hirarki tertentu. Dapatkah data anatomi yang baru ini membenarkan dalam menempatkan species hewan-hewan ini dalam genus-genus yang berbeda? Apakah fosil yang baru ini tergolong dalam suatu famili yang tersembunyi atau famili baru? Hanya species yang objektif, atau kesatuan yang lazim. Ini mungkin dapat ditentukan sebagai kelompok yang sebenarnya, atau sebagai populasi biasa dari pembiakan silang yang terisolasi dari kelompok asalnya. Species bukan suatu spesimen yang diperuntukan untuk golongan ini pada kriteria morfologis. Ia merupakan kelompok hewan-hewan hidup mempunyai sifat-sifat morfologi umum, tetapi diperuntukan sebagai dasar perkerabatan dari anggota-anggotanya yang dapat berbiak silang. Walaupun demikian definisi ini mengutamakan perbedaan di antara hewan-hewan yang hidup sezaman. Species dan juga takson lainnya mempunyai dimensi waktu. Berselang beberapa abad species lama berubah menjadi species baru. Jika seorang

paleontolog menemukan contoh-contoh fosil dari segala umur dalam perubahan rupa yang demikian, ia harus menentukan rancangan terbatas, perbandingan antara species mula-mula dengan keturunannya. Biasanya terdapat banyak kekosongan dalam fosil yang sudah diketahui sehingga dengan tenang ia dapat membiarkan kekosongan tersebut dan memisahkan species yang ia rancangkan.

Definisi dari taksa lain, lebih sembarangan lagi; hewan-hewan di alam bebas tidak disusun dalam kategori seperti manusia dalam industri berusaha menemukannya, mereka berbeda antara yang satu dengan yang lainnya dalam jumlah dan sifat-sifat yang tidak menentu. Baik macam, maupun derajat perbedaan sifat-sifat inilah yang dicoba manusia untuk dapat dimengerti. Genus adalah salah satu keturunan dari species yang berkerabat. Setiap takson yang lebih tinggi merupakan kumpulan dari takson yang lebih rendah yang berkerabat. Hewan-hewan dari satu species, satu genus, atau satu family mempunyai suatu kesamaan dalam kemampuan beradaptasi untuk memanjat, memakan ikan, atau tahan terhadap cuaca dingin. Hewan-hewan di dalam takson di atas tingkatan famili memperlihatkan struktur pola dasar yang sama, seperti berkaki empat, berbulu, amnion, atau gigi-gigi pengunyah.

Usaha yang nyata dilakukan terus menerus dengan menggunakan metoda numerik dalam hal mengklarifikasikan hewan-hewan. Walaupun demikian penyusunan hewan-hewan dalam kategori-kategori, sebagian besar telah dilandasi oleh ahli-ahli terkenal yang berwenang dan inii kelihatannya benar; terutama untuk takson yang lebih tinggi.

Bahkan autoritet yang berkompeten tidak dapat menjadi ahli untuk semua jenis Vertebrata. Biasanya mereka tidak bisa memeriksa materi yang bertalian, dan seperti orang awam kadang-kadang membuat kesalahan-kesalahan. Dengan demikian tidak mengherankan walaupun kita setuju bahwa evolusi dapat dijadikan petunjuk untuk klarifikasi, tetapi selalu ada saja perbedaan pendapat. Mungkin mahasiswa bertanya “Untuk apa belajar klasifikasi kalau di antara para ahli tidak ada persesuaian pendapat di antara mereka sendiri?”.

Ada tiga jawaban yang tepat untuk pertanyaan tersebut,

1. Pola umum filogeni Vertebrata sudah nyata bagi para ahli, karena itu sudah ada penyesuaian pendapat tentang garis besar klasifikasi.
2. Segala sesuatu yang masuk di akal tentang klasifikasi memenuhi sebagai alat ampuh yang diperlukan untuk melahirkan tingkat dan menyatakan perkerabatan-perkerabatan di antara hewan.
3. Sejak klasifikasi merupakan tingkatan yang dimaksudkan untuk keperluan yang tidak sama.

Teori dari prinsip, prosedur, dan peraturan-peraturan klasifikasi disebut **anatomi**. Aplikasi nama-nama terhadap pengenalan kelompok dinamakan **nomenklatur**. Ini sudah diterima dunia internasional sebagai peraturan untuk menetapkan jenis nama dan bagaimana cara mempromosikan nama-nama baru, bagaimana mendapatkan prioritas nama dan bagaimana membetulkan nama-nama yang salah.

Sejak evolusi sudah mempunyai proses percabangan, ia tidak memungkinkan lagi untuk menyusun hewan-hewan dalam urutan linier pada secarik kertas dan pada waktu bersamaan secara teliti memperlihatkan segala perkerabatan filogenetisnya. Walaupun demikian klasifikasi yang didasarkan pada evolusi berpegang teguh pada pengetahuan filogeni. Butir-butir di bawahnya digunakan pada klasifikasi Vertebrata, termasuk salah satu masalah yang terdapat pada pembahasan di bawah ini:

1. Hewan-hewan yang digolongkan pada salah satu kelompok tertinggi dan kategori yang lebih tinggi (misalnya kelas atau subkelas) relatif sedikit yang mempunyai sifat kesamaan. Hal ini dipertimbangkan dengan jalan menggambarkan pola struktur yang penting dari evolusi yang luas. Kategori yang lebih tinggi akan dihargai jika mengandung saluran-saluran utama dari arus kehidupan. Sebaliknya kelompok-kelompok hewan yang bersama-sama dalam suatu kategori yang rendah (misalnya genus atau species) relatif banyak sifat yang bersamaan.
2. Semua kategori yang lebih kecil di dalam kategori yang lebih besar berasal dari nenek moyang yang sama. Nenek moyang bersama tersebut boleh jadi terletak dalam salah satu taksa kecil yang serupa ini atau secara altematis,

nenek moyang bersama ini boleh jadi terletak dalam takson yang sama atau urutan terkecil yang tergolong dalam kategori terbesar. Semua subkelas Mammalia berasal dari takson kecil (ordo) di dalam suatu keseluruhan kelas yang berbeda – Reptilia.

3. Setiap takson besar cenderung lebih tua dalam asal-usulnya dari rata-rata umur taksa yang lebih kecil berikutnya yang tergolong di dalamnya. Ia mengikuti suatu cara bahwa sifat-sifat yang terbagi secara bersama di antara semua anggota dari takson yang besar bersifat lebih primitif dari pada sifat-sifat yang terbagi secara bersama di dalam taksa yang lebih kecil, yang tergolong dalam takson yang lebih besar itu.
4. Taksa yang ketimbang relatif primitive telah terdaftar lebih dulu dari pada lain-lainnya dari urutan yang serupa yang dinilai lebih maju. Setiap kelompok hewan selalu ditempatkan berdampingan dengan kerabatnya yang terdekat. Kalau dalam daftarnya terletak berdekatan suatu pertanda bahwa hubungan keluarganya berdekatan pula. Jadi Amphibia bersaudara dekat dengan ikan berangka tulang yang mendahuluinya dalam klasifikasi, daripada Placodermata atau Chondrichthyis yang dari padanya dipisahkan oleh beberapa kelas lain.

Bagaimana juga, perlu menetapkan sifat-sifat pernyataan di atas karena klasifikasi harus ditulis secara linier. Jadi klasifikasi menyatakan secara tepat bahwa ikan-ikan berangka rawan berasal dari Placodermi, tetapi tidak dapat diperlihatkan pada waktu yang bersamaan di dunia sejarah bahwa ikan-ikan berangka tulang dikembangkan juga dari Placodermi. Serupa dengan itu Mammalia tidak dikembangkan dari Aves seperti yang kita simpulkan dari kedudukan relatif kelas ini. Mammalia dan burung masing-masing dikembangkan dari Reptilia.

Klasifikasi Vertebrata yang diberikan pada halaman-halaman terdahulu sudah disesuaikan dengan keperluan bab-bab berikutnya. Semua kelas dan kebanyakan subkelas hanya dicantumkan jika perlu dalam mempelajarinya. Nama-nama teknis mula-mula didaftar mengikuti nama-nama yang lazim dari

contoh-contoh yang biasa dikenal. Taksa yang dibubuhi tanda (†) berarti sudah punah.

Contohnya :

Kelas *Agnatha* : Vertebrata yang tidak berahang.

† Subkelas Ostracodermi : Termasuk Cephalaspida, Anaspida dan Pterapsida.

Subkelas Cyclostomata : Termasuk lemprey dan hagfish.

Kelas *Placodermi* : Termasuk Arthrodira, Antiarchi, Acanthodi.

Kelas *Chondrichthyes* : Ikan-ikan berangka rawan.

Subkelas Elasmobranchii : Termasuk † Pleuracanthus, † Cladodontus, hiu, pari.

Subkelas Holocephali : Chimaera.

Kelas *Osteichthyes* : Ikan-ikan berangka tulang.

† Subkelas Acanthodii : Climatius.

Subkelas Actinopterygii : Ikan-ikan berjari-jari sirip.

Infrakelas Chondrostei : Termasuk Acipenseroidei dan paddlefish.

Infrakelas Holostei : Termasuk Lepidosterus dan Amia.

Infrakelas Teleostei : ikan-ikan berangka tulang.

Subkelas Sarcopterygii : Ikan-ikan bersirip lemak.

Infrakelas Dipnor : ikan paru-paru.

Infrakelas Crossopterygii : ikan sirip-cuping.

Kelas *Amphibia* :

† Subkelas Labyrinthodontia : Ichthyostegalia, Embolometri, Rachitomi, Stereospondyli.

Subkelas Lissamphibia : Urodela, Anura, dan Apoda.

Kelas *Reptilia* :

Subkelas Anapsida : Cotylosauria dan Chelonia.

Subkelas Lepidossauria : Kadal, ular, Amphisbaenia dan Sphenodon.

Subkelas Archosauria : Crocodilia, † Dinosauria, † Pterosauria.

† Subkelas Euryapsida : Plesiosauria dan Ichthyosauria.

† Subkelas Synapsida : Reptilia yang menyerupai Mammalia.

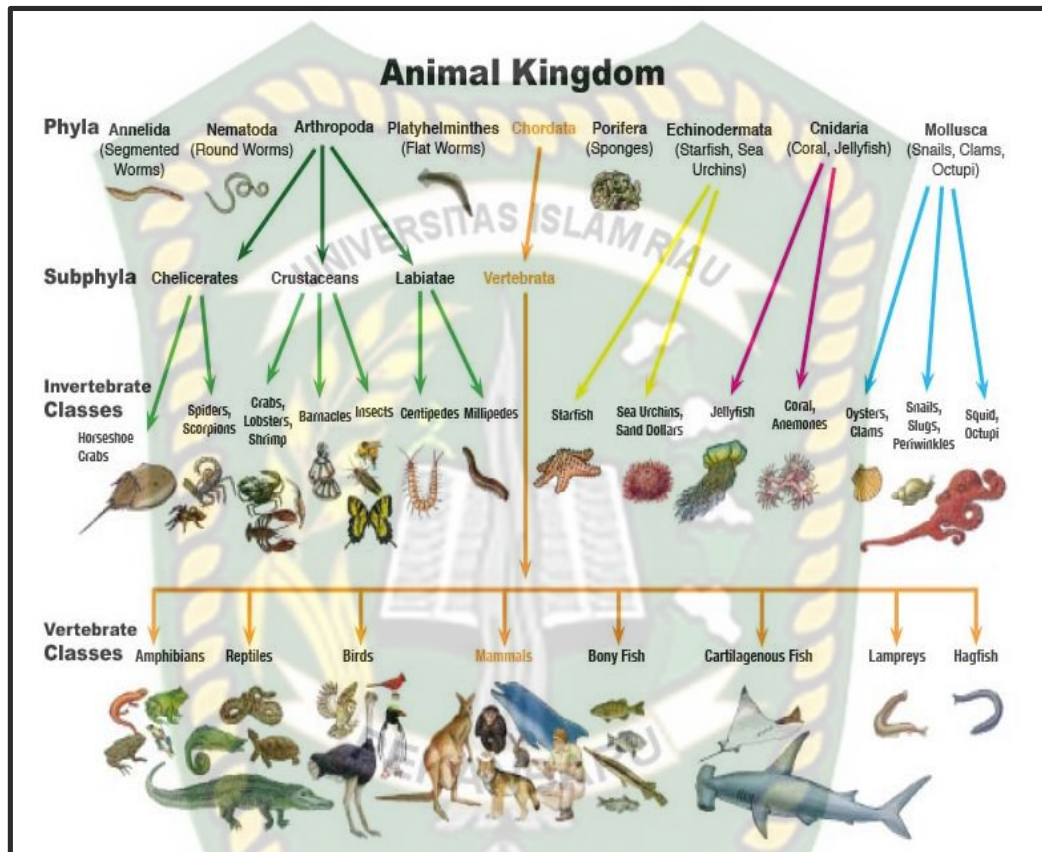
Kelas *Aves* : Berbulu.

† Subkelas Archaeornithes : Nenek moyang burung.

Subkelas Neornithes : Burung biasa.

Kelas *Mammalia* : Menyusui dan berambut.

Subkelas Prototheira : Monotermata atau Mammalia bertelur.
 Subkelas Theria : Melahirkan anak.
 Infrakelas Metatheria : Marsupialia atau Mammalia berkantong.
 Infrakelas Eutheria : Mammalia berplasenta, termasuk hampir semua Mammalia yang tidak berasal dari Australia.



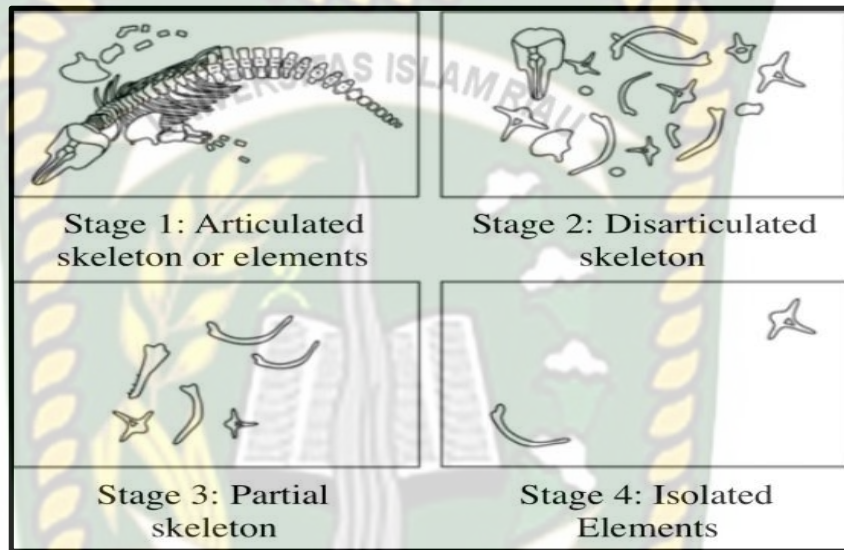
(Gambar 3.1. Filogenik Klasifikasi Taksonomi Kingdom Animalia berdasarkan Linnaeus,1758)

3.4.2 Jumlah Minimum Individu (Analisis Keutuhan)

Jumlah Minimum Individu Karena sifat dasar tulang (misalnya, spesimen campuran dan tulang tersebar luas dari individu yang sama). Berbagai skala artikulasi (tingkat keutuhan) telah digunakan dan dapat berkisar dari yang sederhana hingga yang kompleks. Kategori artikulasi yang lebih kompleks (misalnya, Beardmore et al., 2012) menggambarkan tingkat artikulasi dari seluruh kerangka dan unit anatomi yang berbeda (misalnya kepala, tulang rusuk, tungkai depan kiri, tungkai belakang kanan). Berdasarkan spesimen yang dikumpulkan sebelumnya, diputuskan untuk menggunakan skala artikulasi sederhana yang

digunakan oleh Boessenecker et al., 2014). Spesimen dikodekan pada *stage* dari 1 sampai 4, sebagai berikut :

- *Stage 1* = kerangka atau elemen yang hampir utuh
- *Stage 2* = kerangka tidak beraturan
- *Stage 3* = sekelompok kecil elemen terkait
- *Stage 4* = elemen terisolasi.

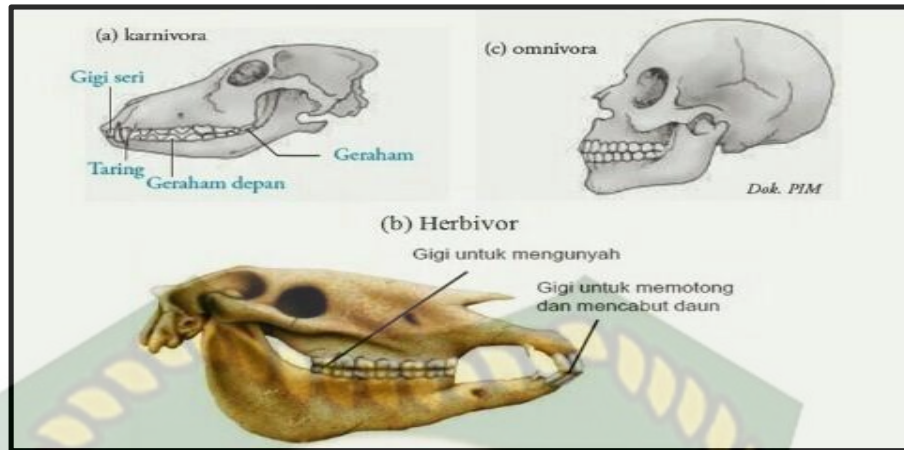


(Gambar 3.2. Tingkatan keutuhan fragmen berdasarkan Boessenecker et al., 2014)

3.4.3 Pengukuran Fragmen

Panjang dan lebar maksimum elemen kerangka diukur menggunakan jangka sorong biasa ataupun digital atau pita pengukur metrik fleksibel dan mistar. Untuk tulang dan fragmen tulang, panjang maksimum mengacu pada dimensi terpanjang dari elemen. Panjang gigi diukur dari akar sampai ujung gigi, lebar gigi sesuai dengan lebar maksimum akar atau bagian gigi terlebar yang diawetkan.

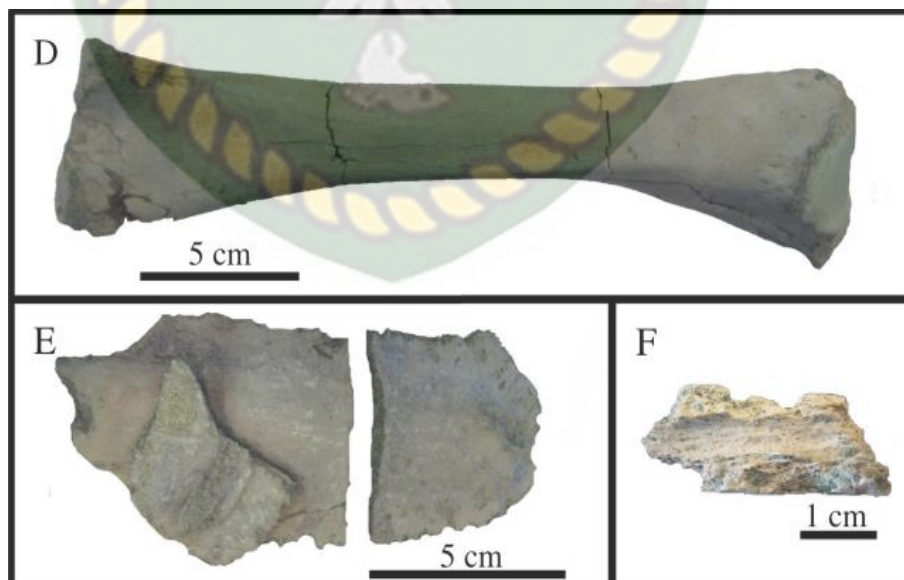
Jumlah dan jenis gigi dinyatakan dengan suatu **rumus geligi** yang terdiri dari fraksi numerik yang penulisannya berurutan dimulai dari gigi seri. Jadi misalnya rumus geligi untuk serigala : 3/3, 1/1, 4/4, 2/3; untuk rusa : 0/3, 0/1, 3/3, 3/3 ; dan untuk manusia ; 2/2, 1/1, 2/2, 3/3.



(Gambar 3.3. Struktur Gigi (a) Karnivora, (b) Herbivora, dan (c) Omnivora berdasarkan Milton Hilderbrand, 1974)

3.4.4 Fragmentasi (Analisis Kondisi Fragmen)

Fragmentasi Hanya adanya fragmentasi tulang dan pola kerusakan (misalnya transversal, longitudinal, spiral) yang dicatat. Contohnya : Gigi dikelompokkan ke dalam salah satu dari lima kategori kelengkapan: Lengkap, Akar rusak sebagian, Tidak ada akar, Fragmen, dan Pecahan. Fragmen gigi hilang sebagian besar, atau semua, dari akar dan beberapa bagian dari mahkota. Pecahan gigi adalah potongan kecil dari mahkota atau serpihan email.

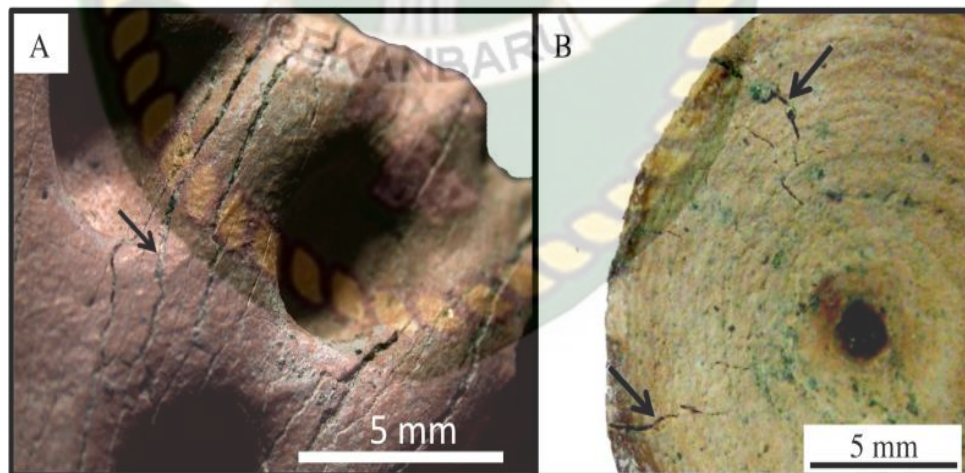


(Gambar 3.4. Kondisi Fragmen dalam kategori (D) Lengkap, (E) Fragmen, (F) Pecahan berdasarkan Boessenecker et al., 2014)

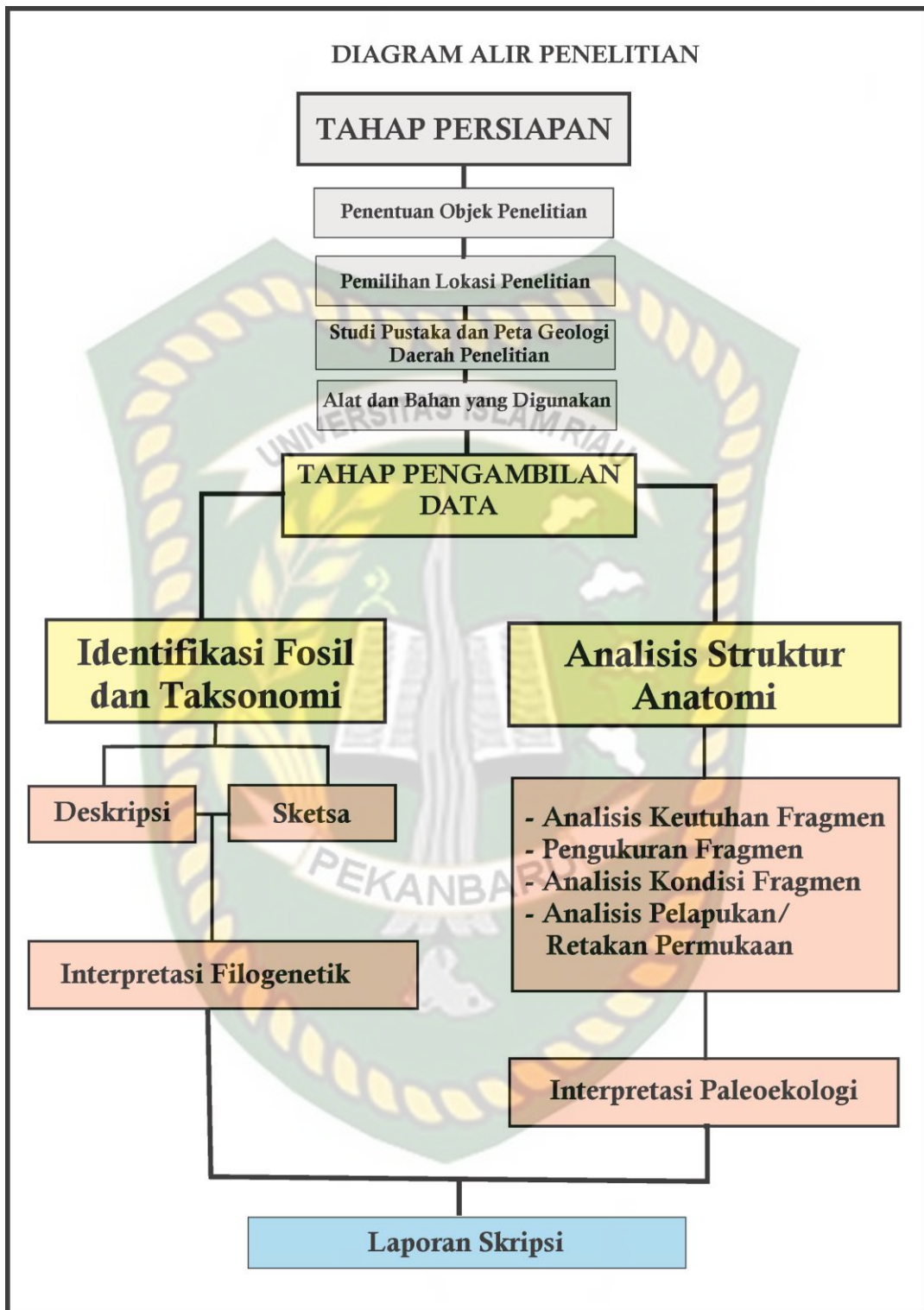
3.4.5 Analisis Pelapukan/Retakan Permukaan

Pelapukan telah dipelajari secara ekstensif dan dapat memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan setempat dan waktu sejak kematiannya (Behrensmeyer, 1978). Sementara pelapukan laut mungkin ada, hal itu kurang dipahami dan mekanismenya mungkin berbeda dari yang bertanggung jawab atas pelapukan subaerial (Staron et al., 2001; Boessenecker et al., 2014). Oleh karena itu, hanya keberadaan dan orientasi retakan permukaan relatif terhadap serat tulang yang dicatat.

Retak permukaan tulang sebelum penguburan dikenali dengan adanya lempung di dalam celah dan/atau oleh abrasi kecil pada tepi retakan. Retak paling sering terjadi pada fragmen tulang tak tentu, di sepanjang tepi dan penyangga tulang menunjukkan retakan permukaan yang dapat dikaitkan dengan penghancuran/pemadatan oleh sedimen di atasnya atau hasil penggalian fisik, pengeringan, dan/atau persiapan. Penggalian dan pengangkutan biasanya menghasilkan retakan dan patahan baru pada tulang saat sedimen yang tidak terkonsolidasi bergeser. Retak permukaan lebih sering terjadi pada gigi.



(Gambar 3.5. (A) Retakan Permukaan Periosteum dan (B) Retakan Pada Tulang Kompak berdasarkan Boessenecker et al., 2014)



(Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Struktur Fosil dan Taksonomi Vertebrata

Analisis makrofosil vertebrata ini dilakukan secara makroskopis dengan objek penelitian berupa spesies *Elephas namadicus*, *Crocodylus sp*, *Hexaprotodon sp*, *Bibos sp*, *Bos sp*, dan *Homo erectus*. Rata-rata fosil yang ditemukan itu dominan berupa fragmen dan jarang sekali terdapat yang utuh, meskipun hanya berupa fragmen yang ditemukan masih dapat dilakukan analisis lanjutan. Hal itu dikarenakan fragmen yang ditemukan masih terindikasi bagian dari morfologi fauna tersebut. Hasil identifikasi fosil dan taksonomi, sebagai berikut:

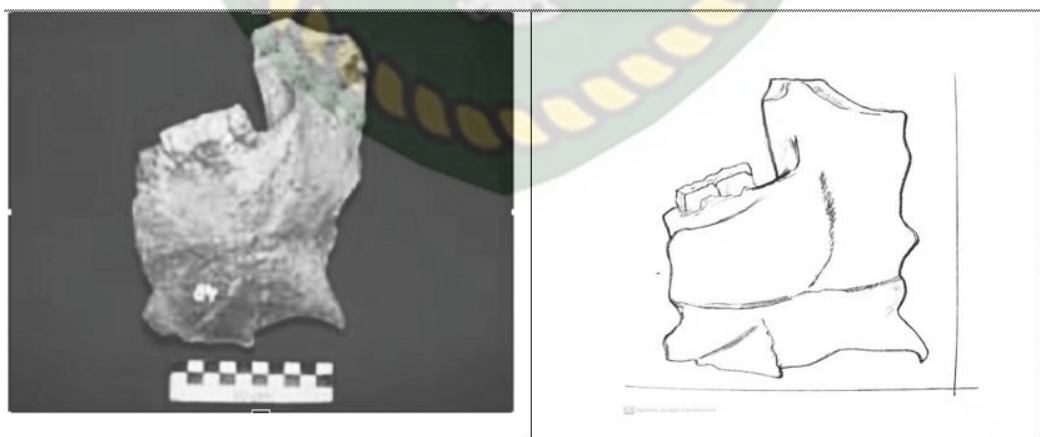
4.1.1. *Hexaprotodon sp*

Hexaprotodon sp merupakan jenis kuda nil Asia yang dahulunya pernah menghuni tanah Jawa pada umur **Pleistosen Bawah** tepatnya pada **Formasi Pucangan**, fragmen fosil *Hexaprotodon sp* terdapat satu bagian caninus dan satu fragmen mandibula dextra, hal ini diketahui oleh struktur tulang yang memiliki ciri-ciri tekstur dentin dan tulang yang vaskular, bentuk dan ukuran gigi termasuk bagian caninus yang berbeda dengan spesies Mammalia lainnya yakni terdapat bentuk silinder yang berserat pada bagian enamelnya, serta pada bagian mahkota gigi caninus dan fragmen mandibula dextra bagian incisura vasorum facialium yang ditemukan menunjukkan bekas patahan yang diakibatkan oleh pelapukan tulang dari proses sedimentasi. Gigi *Hexaprotodon sp* termasuk bagian difiodonti + heterodonti yang hanya mempunyai dua generasi gigi saja, yakni gigi susu dan gigi dewasa, serta geligi *Hexaprotodon sp* terdiri dari tiga macam geligi dalam satu spesies yang terdiri dari : Graham, graham pertama, dan taring (caninum).

Fragmen mandibula dextra yang ditemukan memiliki ekstensi ventrolateral yang khas dari badan mandibula dengan lekukan vaskular yang dalam sehingga dari dua ciri khas fragmen tersebut menunjukkan bagian morfologi tubuh dari famili HIPPOPOTAMIDAE. Akan tetapi, fosil ini belum dilakukan konservasi.

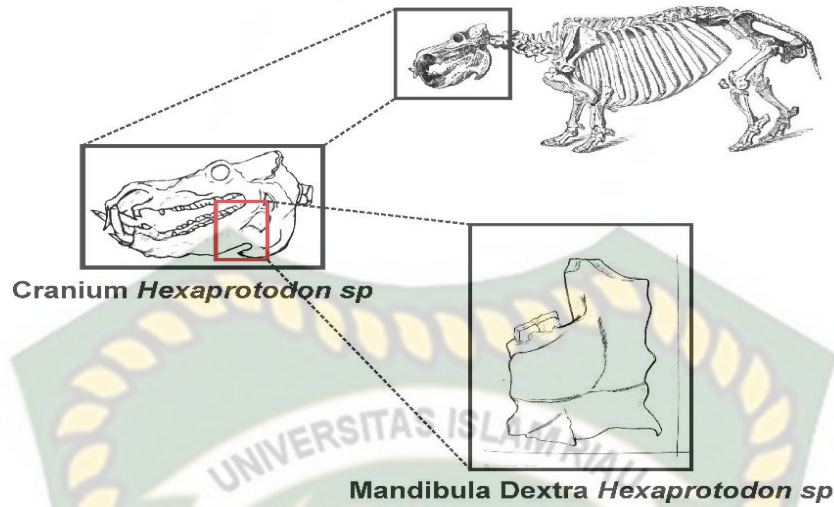
Identifikasi Makroskopis	Klasifikasi Taksonomi
No. Inventaris : 3807	Kingdom : ANIMALIA
No. Regular : -	Filum : CHORDATA
Kode Klasifikasi : F/HIP.0067/	Kelas : MAMMALIA
Tahun Inventaris : BPSMPS/10	Ordo : ARTIODACTYLA
Tanggal Penemuan : -	Famili : HIPPOPOTAMIDAE
Tanggal Penyerahaan : -	Genus : <i>Hexaprotodon</i> Falconer & Cautley,
Lokasi Penemuan : -	1836
Tempat Penyimpanan : Gudang	Species : <i>Hexaprotodon sp</i>
Ukuran : P = 140 mm, L = 40 mm, T = 180 mm, B = 1000 gr	
Jumlah Fragmen : 1	
Speciment : Fragmen Mandibula Dextra	
Keutuhan : Berupa Fragmen	
Kondisi : Baik	
Jenis Koleksi : Fosil Fauna	
Penemu : -	
Situs : Sangiran	
Formasi : Kabuh	
Status : Belum Konservasi	

(Tabel 4.1. Tabel Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Hexaprotodon sp*)



(Gambar 4.1. Foto Fragmen Mandibula Dextra dan Sketsanya *Hexaprotodon sp*)

Kerangka Tubuh *Hexaprotodon sp*



Cranium *Hexaprotodon sp*

Mandibula Dextra *Hexaprotodon sp*

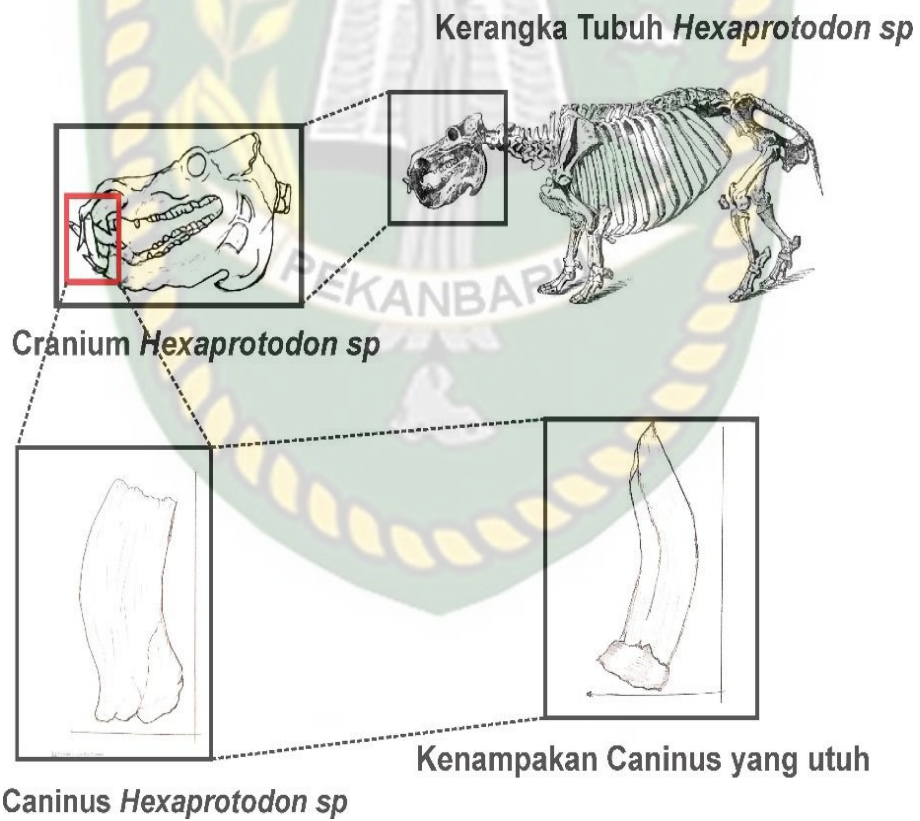
(Gambar 4.2. Sketsa Anatomi *Hexaprotodon sp*)

Identifikasi Makroskopis		Klasifikasi Taksonomi	
No. Inventaris	: 3782	Kingdom	: ANIMALIA
No. Regular	: -	Filum	: CHORDATA
Kode Klasifikasi	: F/HIP.0042/	Kelas	: MAMMALIA
Tahun Inventaris	: BPSMPS/10	Ordo	: ARTIODACTYLA
Tanggal Penemuan	: -	Famili	: HIPPOPOTAMIDAE
Tanggal Penyerahan	: -	Genus	: <i>Hexaprotodon</i> Falconer & Cautley,
Lokasi Penemuan	: -		1836
Tempat Penyimpanan	: Ruang Pameran 1	Species	: <i>Hexaprotodon sp</i>
Ukuran	: P = 190 mm, L = 50 mm, T = 50 mm, B = 377 gr		
Jumlah Fragmen	: 1		
Speciment	: Fragmen Caninus		
Keutuhan	: Berupa Fragmen		
Kondisi	: Rapuh		
Jenis Koleksi	: Fosil Fauna		
Penemu	: -		
Situs	: Sangiran		
Formasi	: Kabuh		
Status	: Belum Konservasi		

(Tabel 4.2. Tabel Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Hexaprotodon sp* Bagian Caninus)



(Gambar 4.3. Foto dan Sketsa Caninus *Hexaprotodon sp*)



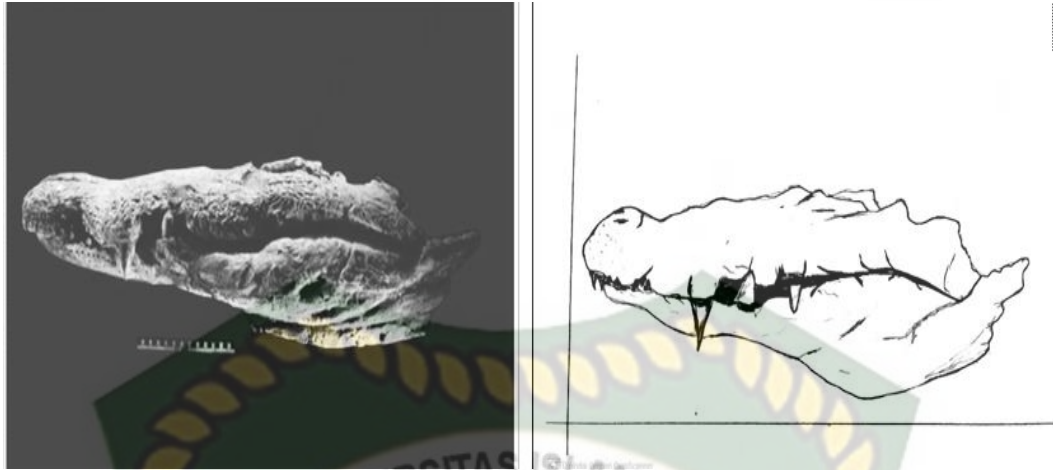
(Gambar 4.4. Sketsa Anatomi (caninus) *Hexaprotodon sp*)

4.1.2. *Crocodylus sp*

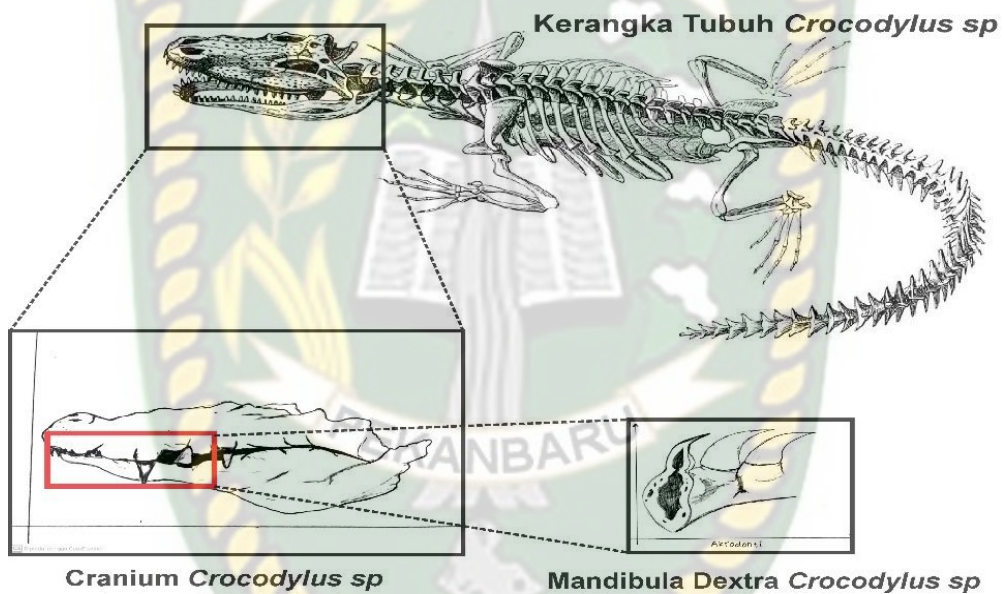
Crocodylus sp ini merupakan jenis buaya rawa yang berumur **Pleistosen Bawah** tepatnya pada **Formasi Pucangan** yang satu umur juga dengan *Hexaprotodon sp*. Struktur fosil cranium *Crocodylus sp* ini ditandai oleh dua lubang temporal yang selalu berlipat pada pelat tulang yang terbuka. Terdapat juga lubang-lubang pada tengkoraknya, yaitu di depan mata dan pada pinggiran mandibular, fragmentasi bagian gigi semuanya tersusun secara marginal walaupun fragmen gigi hilang sebagian besar mulai dari akar hingga mahkota gigi. Untuk fosil cranium *Crocodylus sp* ini ditemukan dalam keadaan utuh.

Identifikasi Makroskopis	Klasifikasi Taksonomi
No. Inventaris : 4615	Kingdom : ANIMALIA
No. Regular : 4	Filum : CHORDATA
Kode Klasifikasi : F/CRO.0003/	Kelas : REPTILIA
Tahun Inventaris : BPSMPS/10	Ordo : CROCODILIA
Tanggal Penemuan : 04 April 2007	Famili : CROCODYLIDAE
Tanggal Penyerahaan : 25 April 2007	Genus : <i>Crocodylus</i> Laurenti, 1768
Lokasi Penemuan : Pucung, desa Dayu, kec. Gondangrejo, kab. Karanganyar	Species : <i>Crocodylus sp</i>
Tempat Penyimpanan : Gudang	
Ukuran : P = 970 mm, L = 530 mm, T = 280 mm, B = 10.059 gr	
Jumlah Fragmen : 1	
Speciment : Cranium	
Keutuhan : Utuh	
Kondisi : Baik	
Jenis Koleksi : Fosil Fauna	
Penemu : Sri Mulyono	
Situs : Sangiran	
Formasi : Pucangan	
Status : Sudah Konservasi	

(Tabel 4.3. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Crocodylus sp*)



(Gambar 4.5. Foto dan Sketsa Cranium *Crocodylus sp*)

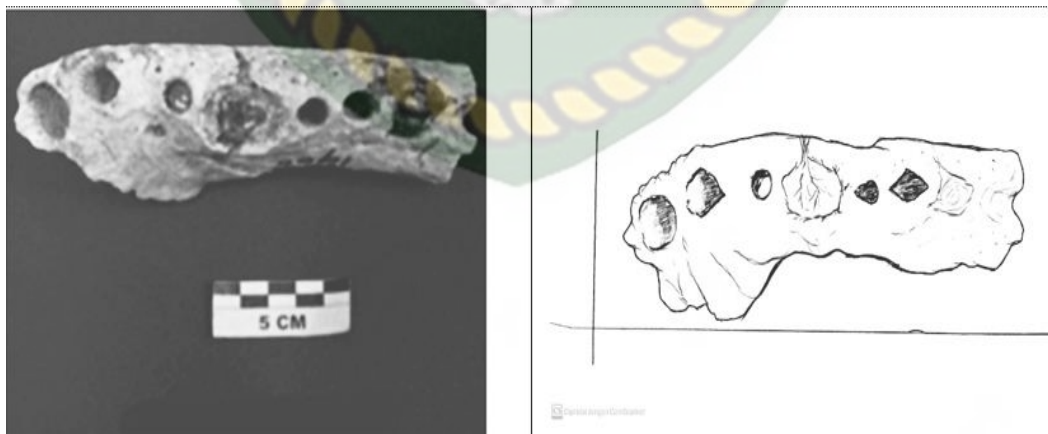


(Gambar 4.6. Sketsa Cranium Utuh *Crocodylus sp*)

Sedangkan fragmen mandibula dextra *Crocodylus sp* ini terdapat bagian tulang spons yang tersingkap akibat dari pelapukan meskipun masih tetap ada bagian ditutupi oleh bagian vaskular, untuk kondisi fragmen mandibula dextra ini terdapat retakan dan gigi hilang semua mulai dari akar sampai mahkota gigi. Dari hasil pengamatan kedua fosil tersebut dapat diketahui dengan morfologi cranium hingga fragmen mandibular dextra yang ditemukan merujuk pada morfologi dari famili CROCODYLIDAE.

Identifikasi Makroskopis	Klasifikasi Taksonomi
No. Inventaris : 1400	Kingdom : ANIMALIA
No. Regular : -	Filum : CHORDATA
Kode Klasifikasi : F/CRO.0006/	Kelas : REPTILIA
Tahun Inventaris : BPSMPS/9	Ordo : CROCODILIA
Tanggal Penemuan : 12 April 1977	Famili : CROCODYLIDAE
Tanggal Penyerahaan : 12 April 1977	Genus : <i>Crocodylus</i> Laurenti,
Lokasi Penemuan : -	1768
Tempat Penyimpanan : Gudang	Species : <i>Crocodylus</i> sp
Ukuran : P = 160 mm, L = 38 mm, T = 45 mm, B = 343 gr	
Jumlah Fragmen : 1	
Speciment : Fragmen Mandibula	
Dextra	
Keutuhan : Fragmen	
Kondisi : Baik	
Jenis Koleksi : Fosil Fauna	
Penemu : -	
Situs : Sangiran	
Formasi : Pucangan	
Status : Sudah Konservasi	

(Tabel 4.4. Identifikasi Makroskopis dari Fragmen Mandibula Dextra *Crocodylus* sp)



(Gambar 4.7. Foto dan Sketsa Mandibula Dextra *Crocodylus* sp)

4.1.3. *Elephas namadicus*

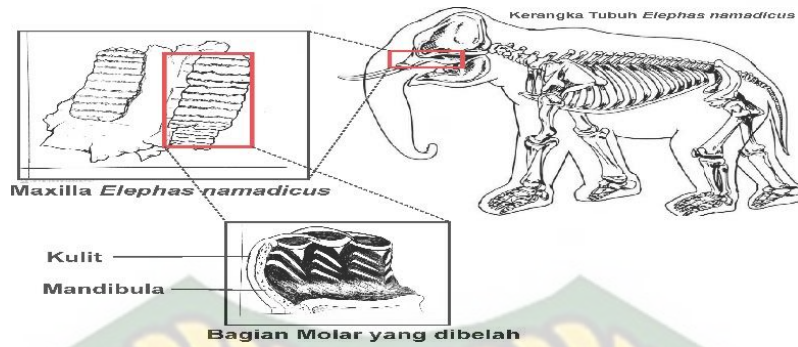
Elephas namadicus merupakan jenis gajah paling modern yang sudah mengalami kepunahan, dahulunya gajah ini pernah hidup di tanah Jawa pada umur **Pleistosen Tengah** pada **Formasi Kabuh**, bagian fosil yang ditemukan berupa maxilla yang utuh dengan struktur gigi yang utuh, gigi *Elephas namadicus* ini termasuk polifiodonti + heterodonti. Untuk kondisi fragmennya cukup baik dan juga tidak terdapat retakan permukaan akibat pelapukan pada maxilla tersebut, dari bentuk gigi pada maxilla, menandakan bagian dari famili ELEPHANTIDAE.

Identifikasi Makroskopis		Klasifikasi Taksonomi	
No. Inventaris	: 5455	Kingdom	: ANIMALIA
No. Regular	: 182	Filum	: CHORDATA
Kode Klasifikasi	: F/ELP.1252/	Kelas	: MAMMALIA
Tahun Inventaris	: BPSMPS/11	Ordo	: PROBOSCIDEA
Tanggal Penemuan	: -	Famili	: ELEPHANTIDAE
Tanggal Penyerahan	: 13 November 2010	Genus	: <i>Elephas</i> Linnaeus, 1758
Lokasi Penemuan	: Dayu, desa Dayu, kec. Gondangrejo, kab. Karanganyar	Species	: <i>Elephas namadicus</i>
Tempat Penyimpanan	: Gudang		
Ukuran	: P = 230 mm, L = 400 mm, T = 190 mm		
Jumlah Fragmen	: 1		
Speciment	: Maxilla		
Keutuhan	: Utuh		
Kondisi	: Baik		
Jenis Koleksi	: Fosil Fauna		
Penemu	: Supriyanto		
Situs	: Sangiran		
Formasi	: Kabuh		
Status	: Sudah Konservasi		

(Tabel 4.5. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Elephas namadicus*)



(Gambar 4.8. Foto dan Sketsa Maxilla *Elephas sp*)



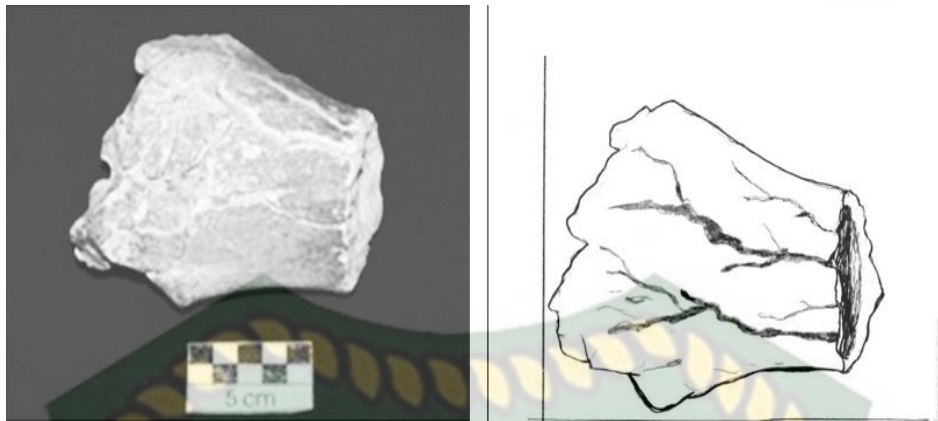
(Gambar 4.9. Sketsa Anatomi (Maxilla) Utuh *Elephas namadicus*)

4.1.4. *Bos sp*

Bos sp merupakan sapi hutan yang pernah hidup di daerah penelitian pada umur **Pleistosen Tengah** di **Formasi Kabuh**, fragmen *Bos sp* yang ditemukan ini hanya berupa bagian dari distal radius yang utuh, kalau keseluruhan dilihat bagian tulang radius tentu tidak utuh. Kondisi fragmen fosil tersebut terdapat retakan permukaan yang disebabkan proses sedimentasi dan juga tampak bagian distal epiphysisnya mengalami kerusakan dan sebagian hilang.

Identifikasi Makroskopis		Klasifikasi Taksonomi	
No. Inventaris	: 4981	Kingdom	: ANIMALIA
No. Regular	: -	Filum	: CHORDATA
Kode Klasifikasi	: F/BOV.1111/	Kelas	: MAMMALIA
Tahun Inventaris	: BPSMPS/11	Ordo	: ARTIODACTYLA
Tanggal Penemuan	: 15 April 2011	Famili	: BOVIDAE
Tanggal Penyerahaan	: -	Genus	: <i>Bos</i> Linnaeus, 1758
Lokasi Penemuan	: desa Kwangen, kec. Gemolong, kab. Sragen	Species	: <i>Bos sp</i>
Tempat Penyimpanan	: Gudang		
Ukuran	: P = 170 mm, L = 110 mm, T = 65 mm, B = 893 gr		
Jumlah Fragmen	: 1		
Speciment	: Fragmen Distal Radius		
Keutuhan	: Utuh		
Kondisi	: Baik		
Jenis Koleksi	: Fosil Fauna		
Penemu	: Bejo		
Situs	: Sangiran		
Formasi	: Pucangan		
Status	: Sudah Konservasi		

(Tabel 4.6. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Bos sp*)



(Gambar 4.10. Foto dan Sketsa Fragmen Distal Radius *Bos sp*)



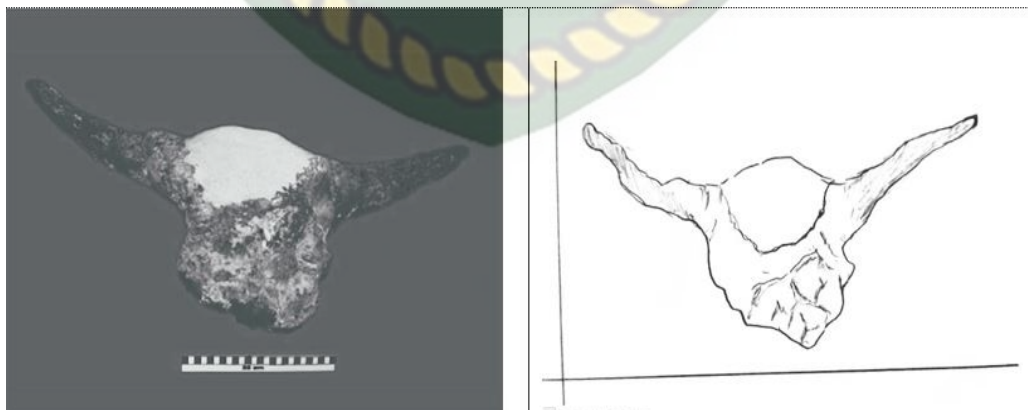
(Gambar 4.11. Sketsa Anatomi (Distal Radius) *Bos sp*)

4.1.5. *Bibos sp*

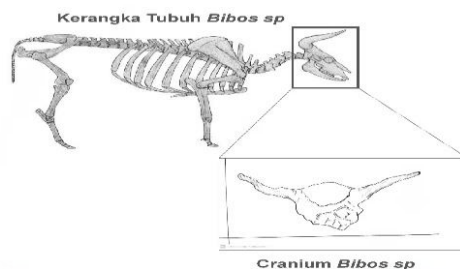
Bibos sp merupakan jenis banteng yang pernah hidup di daerah penelitian pada umur **Pleistosen Bawah** di **Formasi Pucangan**, bagian yang ditemukannya fosil *Bibos sp* ini adalah cranium utuh lengkap dua tanduk sebenarnya, tulang frontal, dan tulang occipital. Fragmentasinya bagus tidak ada bagian yang hilang, dan juga tidak terdapatnya bagian yang mengalami pelapukan. Dari bentuk tanduk dan ukuran craniumnya menandakan fosil tersebut termasuk dalam famili BOVIDAE dari genus *Bibos*.

Identifikasi Makroskopis	Klasifikasi Taksonomi
No. Inventaris : 4957	Kingdom : ANIMALIA
No. Regular : 152	Filum : CHORDATA
Kode Klasifikasi : F/BOV.1088/	Kelas : MAMMALIA
Tahun Inventaris : BPSMPS/11	Ordo : ARTIODACTYLA
Tanggal Penemuan : 09 Agustus 2010	Famili : BOVIDAE
Tanggal Penyerahaan : 09 Agustus 2010	Genus : <i>Bibos</i>
Lokasi Penemuan : Grogolan, ds.Bukuran, kec. Plupuh, kab. Sragen	Species : <i>Bibos sp</i>
Tempat Penyimpanan : Gudang	
Ukuran : P = 1.070 mm, L = 350 mm, T = 270 mm, B = 5.125 gr	
Jumlah Fragmen : 1	
Speciment : Cranium	
Keutuhan : Utuh	
Kondisi : Baik	
Jenis Koleksi : Fosil Fauna	
Penemu : Ngadiman	
Situs : Sangiran	
Formasi : Kabuh	
Status : Belum Konservasi	

(Tabel 4.7. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Bibos sp*)



(Gambar 4.12 Foto dan Sketsa Cranium *Bibos sp*)



(Gambar 4.13. Sketsa Anatomi (Cranium) Utuh *Bibos sp*)

4.1.6. *Homo erectus*

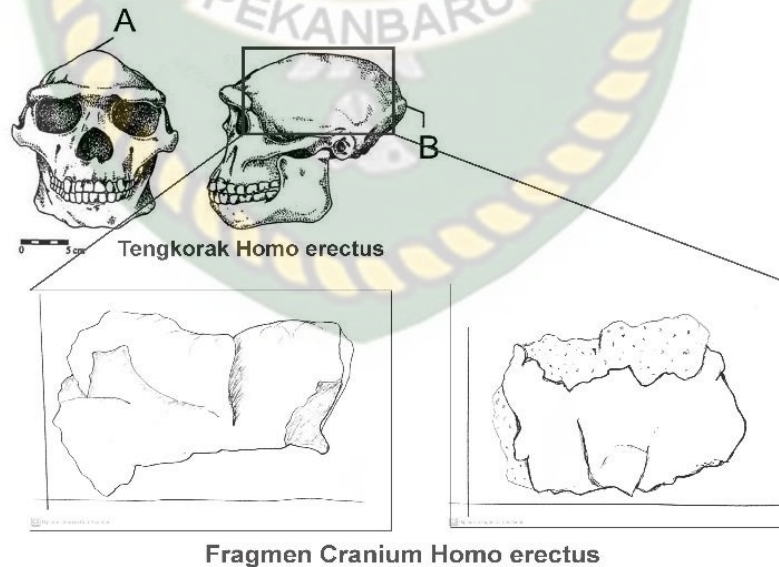
Homo erectus merupakan manusia purba yang hidup pada umur Pleistosen Tengah di Formasi Kabuh dan pada umur Pleistosen Bawah di Formasi Pucangan, Secara struktural kerangka tubuhnya mirip dengan manusia, kecuali bagian tengkorak. Jika dilihat seperti bagian parietal-frontal, yang mana bentuk craniumnya lebih lebar di sekitar permukaannya. Kondisi fragmennya sebagian mengalami pengelupasan sehingga tampak bagian tulang sponsnya disebabkan terkena proses sedimentasi, dan juga terdapat retakan tipis pada permukaan fosil tersebut. Dari hasil pengamatan fragmen tersebut menunjukkan ciri-ciri dari famili HOMINIDAE.

Identifikasi Makroskopis		Klasifikasi Taksonomi	
No. Inventaris	:0056/HOM/BPSMPS/2013	Kingdom	: ANIMALIA
ID	: 1245	Filum	: CHORDATA
Kode Klasifikasi	: Ardjuna 13	Kelas	: MAMMALIA
Tahun Inventaris	: BPSMPS/11	Ordo	: PRIMATES
Tanggal Penemuan	: -	Famili	: HOMINIDAE
Tanggal Penyerahaan	: 24 September 2013	Genus	: <i>Homo</i>
Lokasi Penemuan	: desa Ngebung, kec. Kalijambe, kab. Sragen	Species	: <i>Homo erectus</i>
Tempat Penyimpanan	: Brangkas		
Ukuran	: P = 90 mm, L = 50 mm, T = 860 mm, B = 345 gr		
Jumlah Fragmen	: 1		
Speciment	: Fragmen Cranium		
Keutuhan	: Utuh		
Kondisi	: Baik		
Jenis Koleksi	: Fosil Hominid		
Penemu	: -		
Situs	: Sangiran		
Formasi	: Pucangan		
Status	: Belum Konservasi		

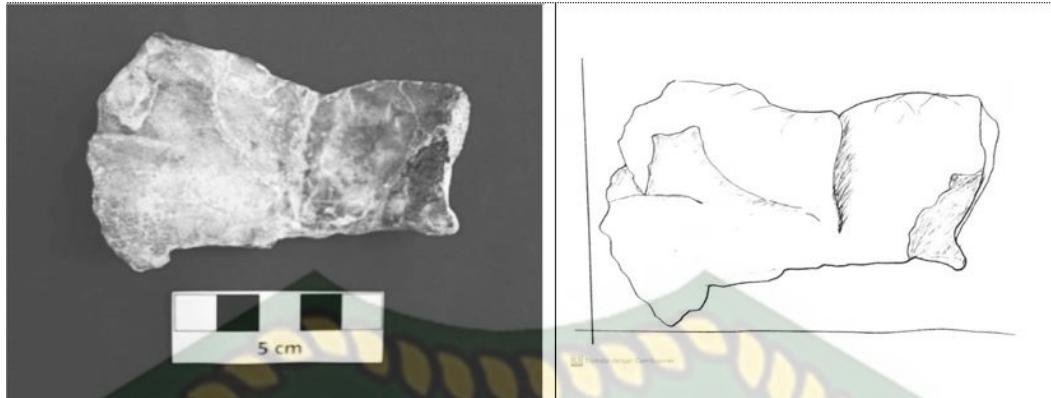
(Tabel 4.8. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Homo erectus* 1)

Identifikasi Makroskopis		Klasifikasi Taksonomi	
No. Inventaris	: 0055/HOM/BPSMPS/2013	Kingdom	: ANIMALIA
ID	: 1244	Filum	: CHORDATA
Kode Klasifikasi	: Brahmana 3	Kelas	: MAMMALIA
Tahun Inventaris	: BPSMPS/11	Ordo	: PRIMATES
Tanggal Penemuan	: -	Famili	: HOMINIDAE
Tanggal Penyerahaan	: 24 September 2013	Genus	: <i>Homo</i>
Lokasi Penemuan	: Sendang busik, ds. Bukuran, kec. Kalijambe , kab. Sragen	Species	: <i>Homo erectus</i>
Tempat Penyimpanan	: Brangkas		
Ukuran	: P = 590 mm, L = 460 mm, T = 160 mm, B = 220 gr		
Jumlah Fragmen	: 1		
Specimen	: Fragmen Cranium		
Keutuhan	: Utuh		
Kondisi	: Baik		
Jenis Koleksi	: Fosil Hominid		
Penemu	: -		
Situs	: Sangiran		
Formasi	: kabuh		
Status	: Belum Konservasi		

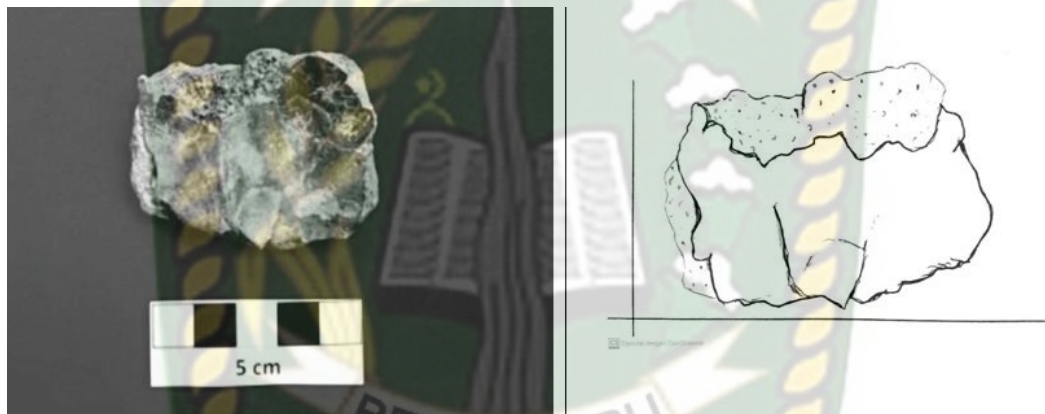
(Tabel 4.9. Identifikasi Makroskopis dan Taksonomi *Homo erectus* 2)



(Gambar 4.14. Sketsa Cranium *Homo erectus*)



(Gambar 4.15. Foto dan Sketsa Cranium *Homo erectus* I)



(Gambar 4.16. Foto dan Sketsa Cranium *Homo erectus* II)

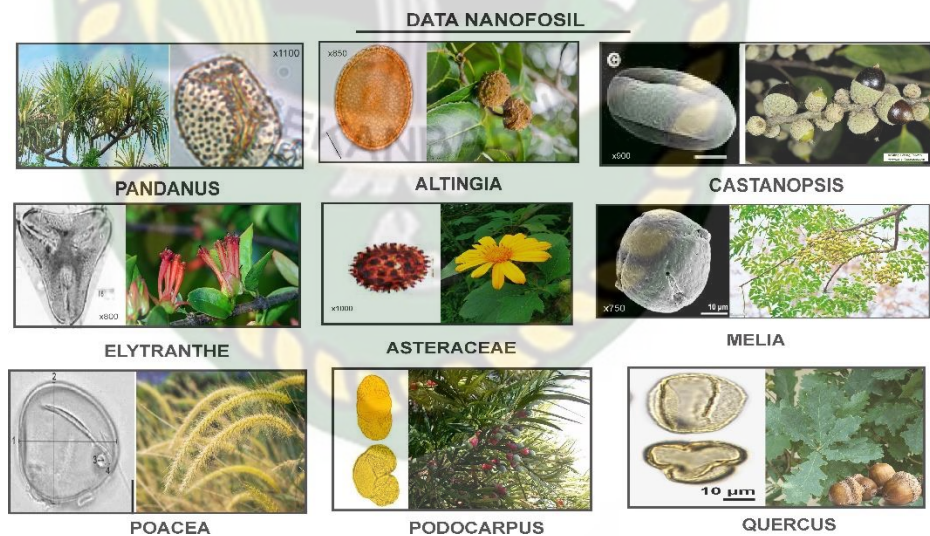
4.2. Interpretasi Paleoekologi Daerah Penelitian

Daerah Solo dan sekitarnya dahulu kala merupakan suatu lautan yang cukup dalam di mana diendapkan cangkang gampingan mikroskopis (istilah ilmiahnya test) dari foraminifera planktonik, lempung dan kadang-kadang abu gunungapi. Kira-kira 2,5 juta tahun yang lalu laut mulai surut. Hal ini adalah akibat dari proses pengangkatan regional, dari kegiatan gunungapi dan juga dari proses glasiasi yang menyebabkan pendangkalan muka air laut di seluruh dunia. Daratan yang terbentuk (gunungapi dan bukit) menjadi lebih luas sehingga material yang tersedimentasikan menjadi lebih banyak: lempung hasil pelapukan batuan gunungapi, pasir gampingan hasil erosi perbukitan, serta sisa-sisa organisme pantai (koral, moluska,

Balanus, dsd). Dua juta tahun yang lalu daerah Solo tertutup oleh suatu laguna sangat luas yang bekas-bekasnya dapat kita jumpai di semua tempat dimana tersingkap sedimen dari kala itu. Fosil-fosil ostracoda (crustacea mikroskopis) menandakan laguna tersebut cukup dangkal.

Daerah Solo dan sekitarnya selama bagian pertama pada umur -1,2 juta tahun dan 800.000 tahun lalu, tertutup kembali di bagian utaranya oleh hutan bakau yang berbatasan lagi dengan laguna. Di Sangiran, vegetasi pantai (pohon pantai dan tanaman yang hidup di air asin di belakang hutan bakau), lambat laun diganti oleh hutan rawa dan kemudian oleh suatu vegetasi yang benar-benar daratan.

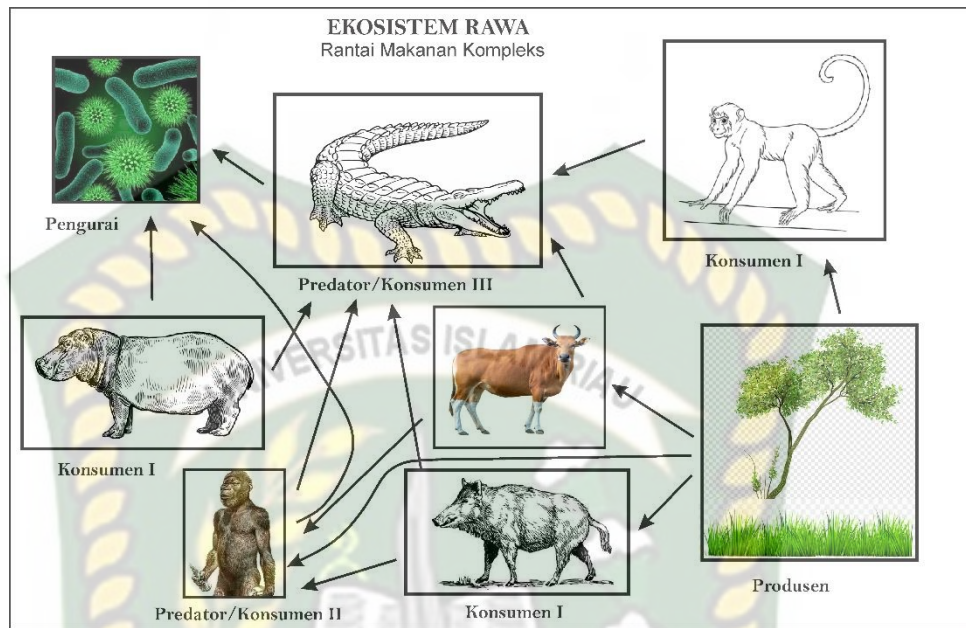
Mengikuti perubahan iklim, perubahan hutan di dataran dan perbukitan berubah sifatnya. Selama periode yang lebih kering (glasial) suatu hutan terbuka, mirip dengan hutan Indonesia bagian timur sekarang di mana pohon-pohonnya beradaptasi dengan musim dari hutan di Indonesia bagian barat sekarang. Selama periode yang lembab (antar glasial), suatu hutan hujan tropis yang sangat lebat yang merupakan pencerminan dari hutan Indonesia bagian barat sekarang.



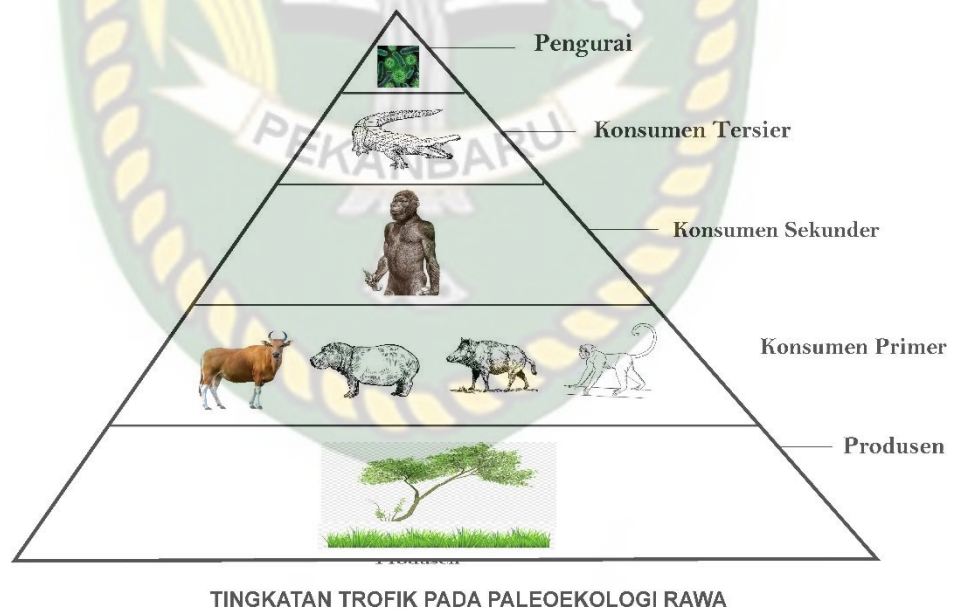
(Gambar 4.17. Data Pendukung (sekunder) Nanofosil (pollen) sebagai penanda paleoekologi rawa, hutan hujan dan hutan terbuka)

Fauna selain reptil buaya dan kura-kura, serta banyak juga Mammalia yang muncul di Sangiran seperti kuda nil dan *Mastodon*. Fauna tersebut cukup sedikit akan spesies di bagian bawah **Formasi Pucangan** yang berumur **Pleistosen Bawah**. Hewan predator pada puncak rantai makanan di formasi ini jarang terdapat,

tetapi di lapisan Pucangan sudah mengandung *Crocodylus sp* (buaya muara), *Suid* (babi), *Cercopithecidae* dan *Pongidae* (monyet) serta *Pitecnathropus* pertama.



(Gambar 4.18. Rantai Makanan Kompleks pada Ekosistem Rawa)

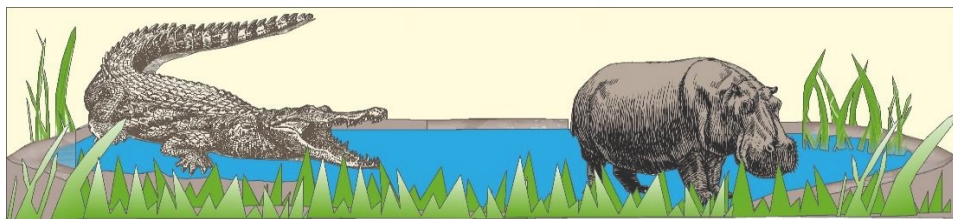


(Gambar 4.19. Tingkatan Trofik pada Paleoeкологи Rawa di Formasi Pucangan)

Ekosistem rawa tidak terdapat banyak varian spesies di dalamnya, akan tetapi interaksi antar organismenya cukup kompleks dimana yang menduduki hirarki tertinggi pada tingkatan trofik rantai makanan di ekologi rawa ini adalah

buaya (*Crocodylus sp*) sebagai predator utama atau konsumen tersiernya, *Homo erectus* berada pada tingkatan kedua sebagai predator atau kata lain sebagai konsumen sekunder, hal itu dikarenakan buaya berkemungkinan lebih dominan dapat memangsa *Homo erectus*, sedangkan *Homo erectus* layaknya primata lain yang hanya memiliki insting untuk menghindar. Disebabkan apabila ada perlawanan antara buaya dan kelompok Hominid, maka yang kalah adalah kelompok Hominid, terlebih jika pertarungan antara buaya dan Hominid itu dilakukan di perairan yang mana merupakan habitat kelompok buaya, justru buaya lebih agresif. Posisi *Hexaprotodon sp*, *Suid*, *Cercopithecidae* dan *Pongidae* pada ekologi rawa ini berada pada tingkatan kedua yaitu konsumen primer, tingkatan ini biasanya adalah hewan yang dimangsa yang mana memiliki peran penting dalam keseimbangan ekosistem bagi tingkatan konsumen sekunder dan tersier, dan hewan pada tingkat konsumen primer ini biasanya memakan dari hasil tumbuh-tumbuhan (hewan herbivora) yang berada pada tingkatan produsen.

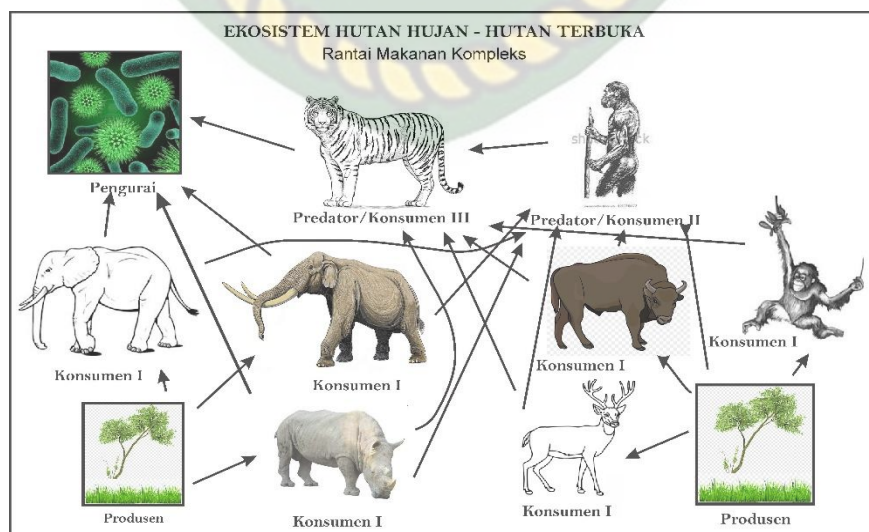
Ekologi rawa merupakan ekologi yang cukup unik, sebab hanya terdiri dari unsur tanah yang mengandung zat asam dari tumbuhan dan campuran air. Vegetasi biasanya berupa tanaman mangrove, hutan galam, dan tumbuhan paku. Di Indonesia ada sekitar 33,4 juta ha area rawa. Sekitar 60% merupakan rawa hasil dari pasang surut dan sisanya murni dari air tawar. Salah satunya di Formasi Pucangan merupakan lingkungan pengendapan rawa hasil dari surut air laut lalu bercampur dengan air tawar yang sudah ada. Salah satu bukti Formasi Pucangan adalah lingkungan rawa adalah adanya data sekunder dari nanofosil (pollen) yaitu : *Pandanus*, *Elytranthe*, dan *Poacea*. Kondisi lingkungan rawa biasanya berupa variasi suhu yang tidak terlalu mecolok, penetrasi cahaya tergolong baik (karena jarak antara daratan dan perairan sangat dekat), dan floranya didominasi oleh tumbuhan ganggang, tanaman paku, dan rerumputan.



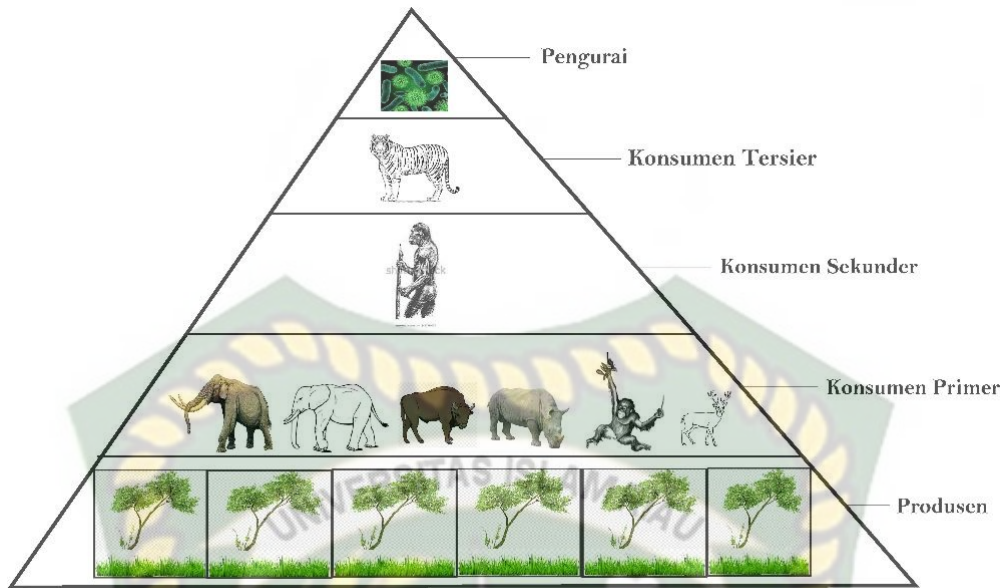
(Gambar 4.20. Paleoekologi Rawa pada Formasi Pucangan)

Semakin ke atas, pada lapisan yang lebih muda, seperti pada **Formasi Kabuh** berumur **Pleistosen Tengah** kandungannya menjadi semakin bervariasi. Di sini ditemukan sejumlah besar hewan herbivora yang di antaranya beberapa spesies *Elephas sp* (gajah modern), CERVIDAE (kijang) dan BOVIDAE (sapi). Hewan-hewan besar yang ditemukan misalnya *Stegodon*, salah satu jenis gajah yang mempunyai gading yang panjang (fosil grahamnya mudah dikenali karena bentuknya yang khas), kuda nil dan juga badak. Diperkirakan predator karnivora yang hidup pada formasi tersebut adalah harimau dan *Homo erectus*.

Lingkungan hutan hujan tropis sampai hutan terbuka cukup bervariasi keberadaan faunanya, hal itu disebabkan kondisi habitat seperti itu lebih mendukung keberadaan hewan herbivora dan menguntungkan juga bagi hewan predator (karnivora). Pada ekologi ini, yang menduduki hirarki tertinggi adalah harimau sebagai konsumen tersier atau predator utamanya, sedangkan kelompok Hominid seperti *Homo erectus* berada pada tingkat di bawah harimau sebagai konsumen sekunder, jarang sekali kelompok Hominid terdapat memangsa harimau apalagi dijadikan sebagai mangsa utamanya, biasanya Hominid lebih dominan memangsa hewan pada tingkatan konsumen primer yakni hewan pemakan tumbuhan (herbivora), dan hewan herbivore seperti *Elephas sp*, *Stegodon sp*, *Bibos sp*, *Bos sp*, *Pongidae*, dan CERVIDAE sebagai konsumen primer yang memakan produsen yakni tumbuh-tumbuhan pada ekologi hutan hujan tropis sampai hutan terbuka.



(Gambar 4.21. Rantai Makanan Kompleks pada ekosistem Hutan Hujan-Hutan Terbuka)



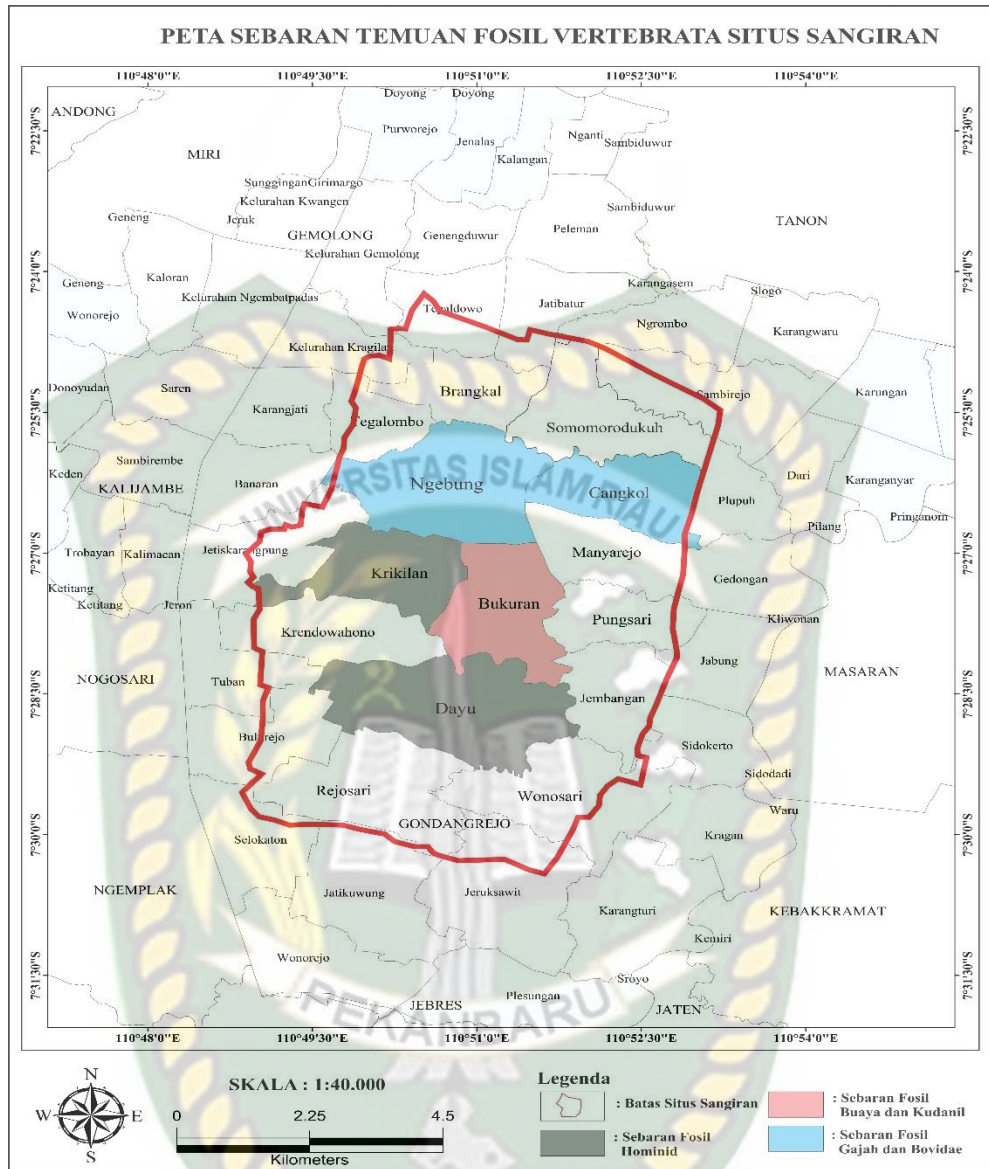
TINGKATAN TROFIK PADA PALEOEKOLOGI HUTAN HUJAN-HUTAN TERBUKA

(Gambar 4.22. Tingkatan Trofik pada Paleokologi Hutan Hujan sampai Hutan Terbuka di Formasi Kabuh)

Ekosistem hutan hujan sampai hutan terbuka memiliki ciri-ciri ekologi seperti curah hujannya diperkirakan mencapai 200-225 cm per tahun. Spesies dari vegetasinya relatif banyak dan jenisnya berbeda anatar satu dengan yang lainnya. Dalam hutan hujan terjadi perubahan iklim mikro, yaitu iklim yang langsung terdapat di sekitar fauna dan flora tersebut. Bagian tudungnya cukup tinggi, suhu sepanjang harinya diperkirakan sekitar 25°C. Tumbuhan yang khas dari ekosistem ini adalah Liana (rotan) dan anggrek sebagai epifitnya. Sedangkan hewan terdiri dari harimau sebagai predator, kera, burung, badak, kijang, sapi/kerbau, babi hutan, hominid,dll.



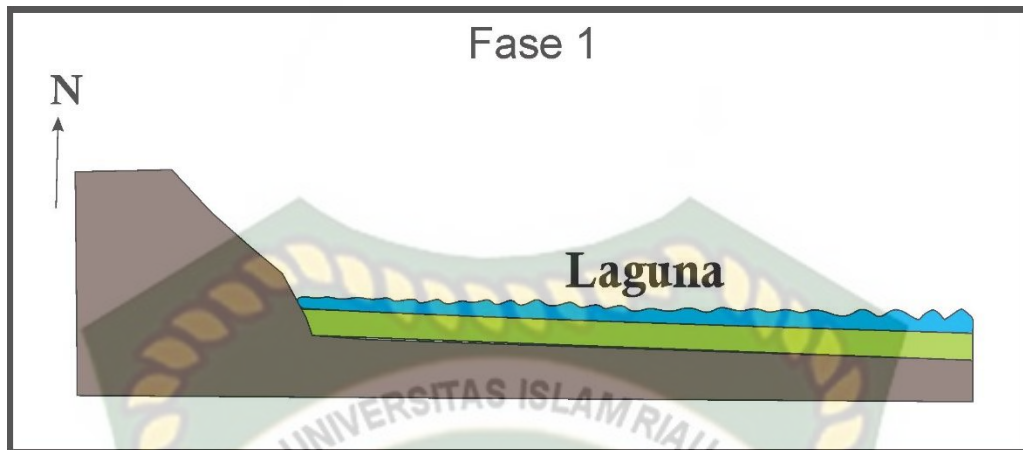
(Gambar 4.23. Paleokologi Hutan Terbuka pada Formasi Kabuh)



(Gambar 4.24. Peta Sebaran Temuan Fossil Vertebrata Situs Sangiran, *source*: BPSMPS)

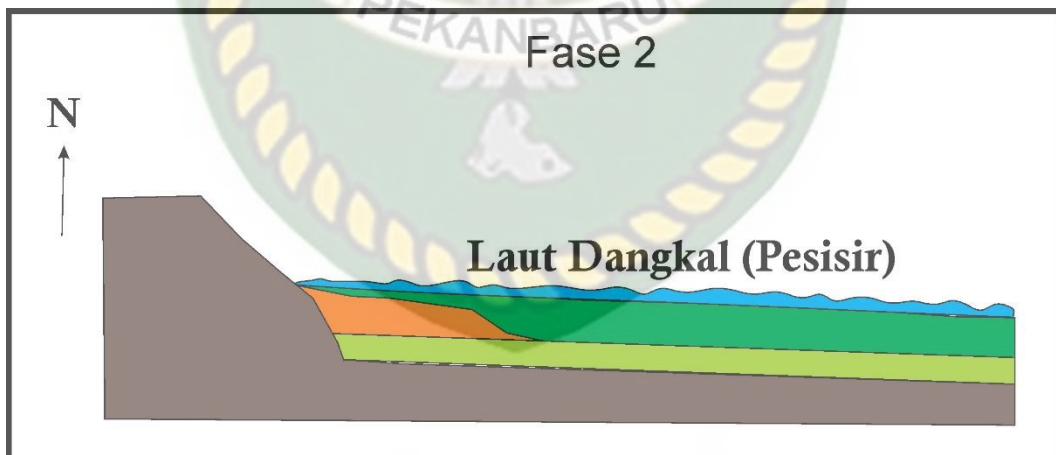
Sebaran temuan fosil tersebut didapatkan secara sekunder pada Balai Pusat Situs Manusia Purba Sangiran, yang mana terdapat keterangan simbol warna abu-abu adalah sebaran fosil Hominid di Desa Dayu dan Krikilan, warna *pink* adalah sebaran fosil Buaya dan Kudanil di Desa Bukuran, serta warna biru muda adalah sebaran fosil gajah dan Bovidae pada Desa Cangkol dan Ngebung. Pewarnaan tersebut diambil berdasarkan keterdapatannya paling banyak ditemukan di daerah penelitian.

4.2.1. Sejarah Geologi di Situs Sangiran



(Gambar 4.25. Lingkungan Pengendapan Berupa Laguna pada Formasi Kalibeng)

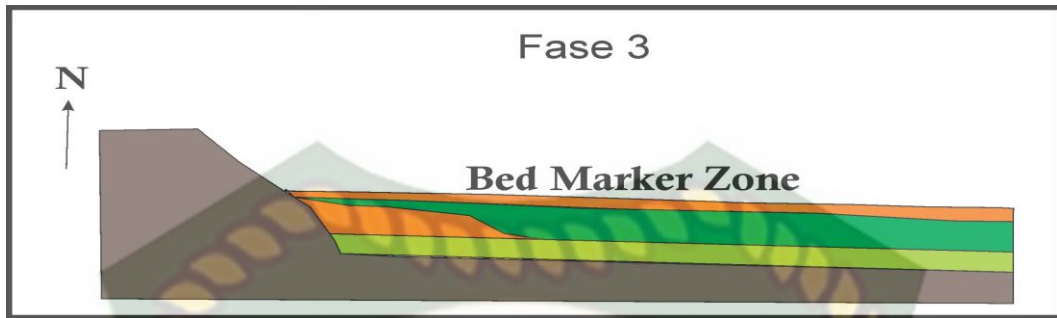
Sejarah geologi di Sangiran dimulai ketika terjadi sedimentasi pada Formasi Kalibeng yang berumur 2,4 juta tahun lalu, pada Formasi ini mempunyai material berupa lempung biru dengan analisis polen (data sekunder) menunjukkan bahwa Sangiran pada saat ini dibatasi oleh hutan bakau yang lebat. Kondisi lingkungan ini tidak memungkinkan mamalia daratan terdapat.



(Gambar 4.26. Lingkungan Pengendapan Laut Dangkal pada Formasi Pucangan)

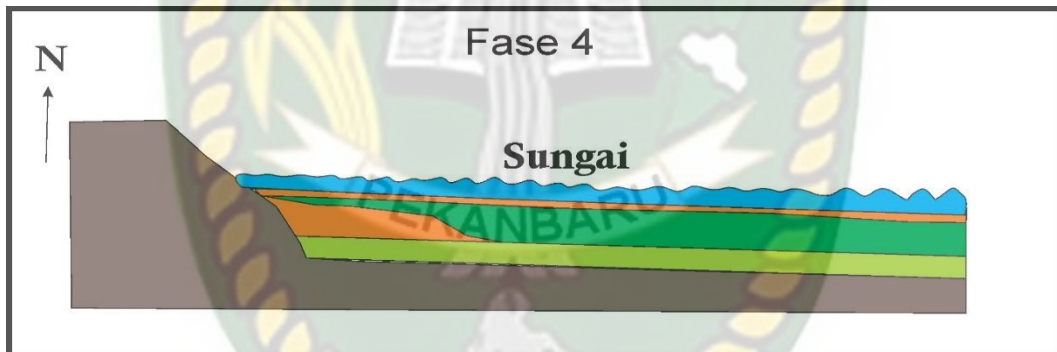
Aktivitas vulkanik pada 1,7 juta tahun lalu mengendapkan breksi laharik tebal di atas Formasi Kalibeng secara tidakselarar. Lapisan berupa lempung hitam Formasi Pucangan ini telah merusak hutan bakau dan mengubah lingkungan pengendapan menjadi laut dangkal. Hal itu ditemui fosil moluska pada Formasi

tersebut di beberapa tempat dengan ketebalan sekitar 15 meter. Lapisan ini sangat penting karena ditemui sejumlah fosil mamalia termasuk *Homo erectus* kekar.

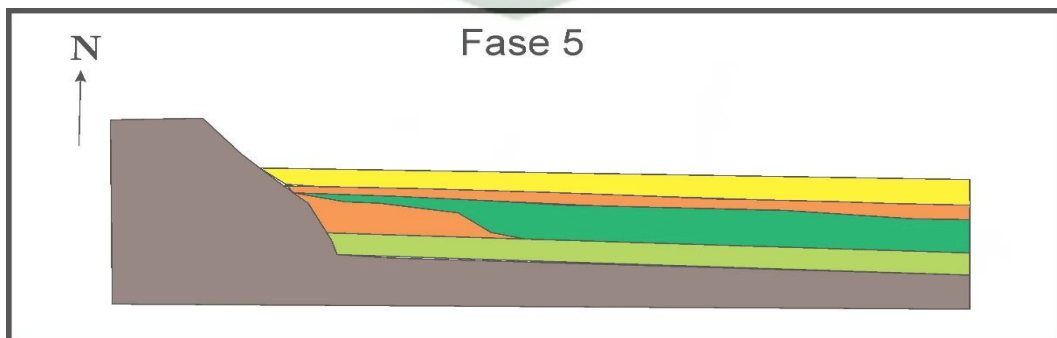


(Gambar 4.27. Zona Penanda pada Grenzbank)

Di atas Formasi Pucangan, terdapat konglomerat silikaan yang berumur 900.000 tahun yang lalu, yang dinamakan Grenzbank yang menjadi pembatas antara Formasi Pucangan di bawahnya dengan Formasi Kabuh di atasnya. Lapisan ini juga menandai perubahan lingkungan rawa menjadi lingkungan darat.

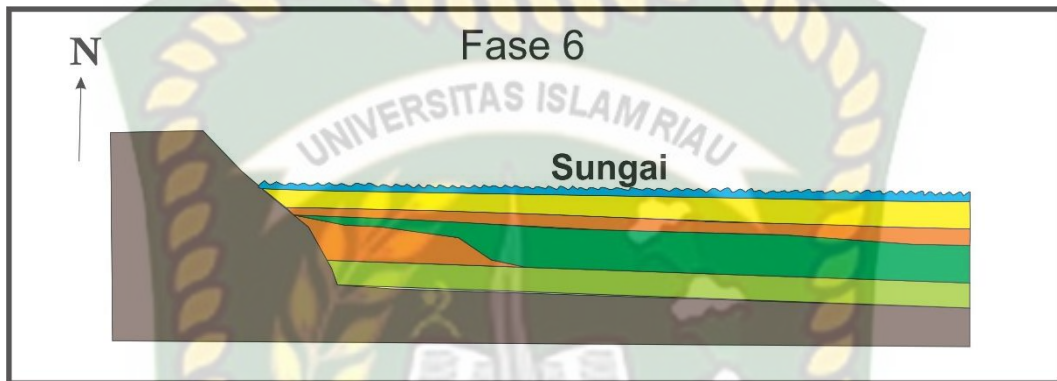


(Gambar 4.28. Aliran Sungai Menutupi Keseluruhan Grenzbank Membentuk Formasi Kabuh)

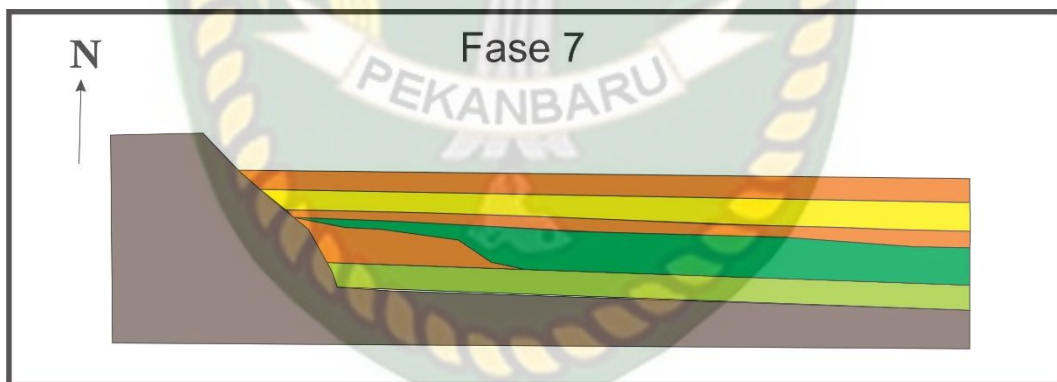


(Gambar 2.29. Formasi Kabuh Terbentuk)

Pada umur 900.000 hingga 200.000 tahun yang lalu, aktivitas vulkanik berupa letusan-letusan gunungapi terjadi sangat hebat. Diperkirakan banyak material gunungapi tersebut berupa pasir dan endapan dari sungai-sungai yang mengalir ke Sangiran menutup Grenzbank dan meninggalkan material pasir, sehingga membentuk Formasi Kabuh. Sedimen tersebut membentuk struktur silang-siur.

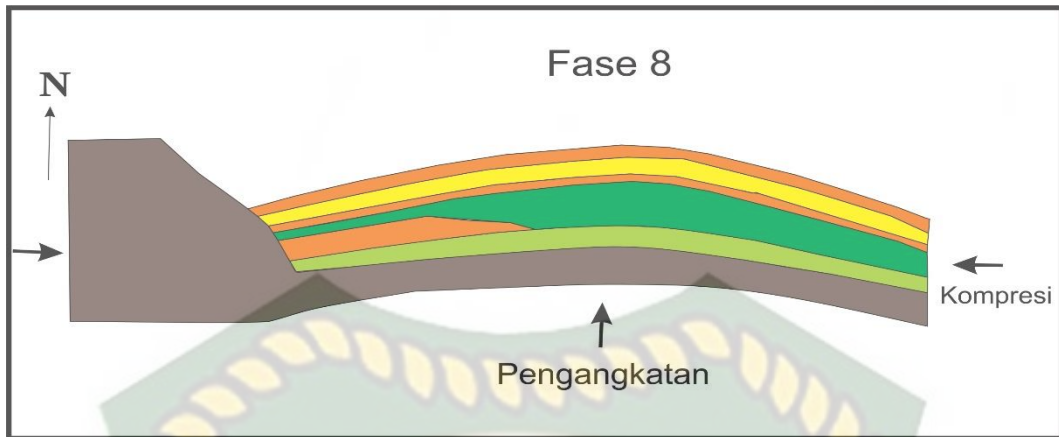


(Gambar 4.30. Sungai Merendam Formasi Kabuh dan Mengendapkan Sedimen Formasi Notopuro)



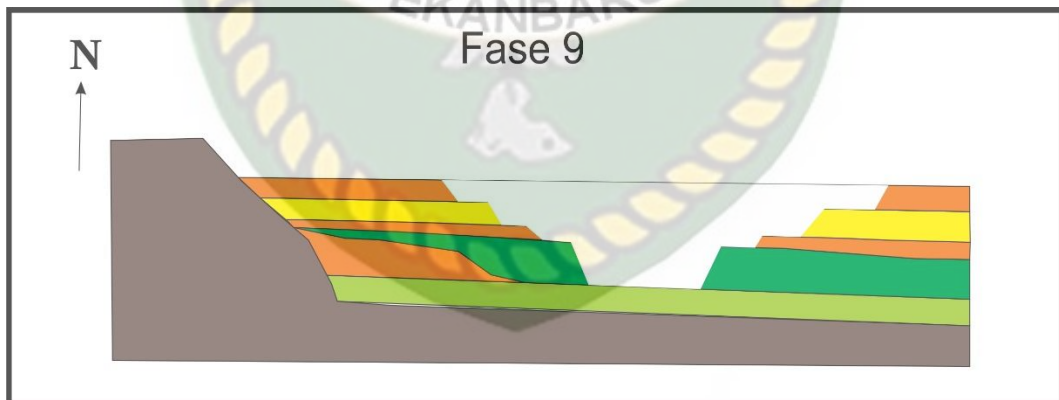
(Gambar 4.31. Formasi Notopuro Terbentuk)

Akibat dari bencana gunungapi tersebut membuat endapan-endapan lain yang membentuk Formasi Notopuro dengan material berpasir dan batuan andesit berukuran kerikil hingga bongkah, Formasi ini berumur 200.000 hingga 70.000 tahun lalu. Fosil hewan vertebrata banyak dijumpai pada Formasi ini, akan tetapi sudah tidak ditemukan kehadiran manusia purba di sini.



(Gambar 4.32. Lapisan Terangkat Disebabkan adanya Tenaga Endogen Disertai Tenaga Eksogen)

Pengangkatan tersebut dipengaruhi oleh aktivitas gunungapi Lawu Tua sehingga terdapat juga perlipatan pada fase ini. Rangkaian gunungapi ini, yang tertua di antaranya berumur kurang lebih 2 juta tahun, telah mengalami suatu periode aktivitas yang paling dahsyat beberapa ratus ribu tahun yang lalu. Naiknya magma serta amblesnya beberapa gunung tertentu telah mengakibatkan beberapa tempat yang terdapat proses perlipatan kecil dari endapan-endapan sedimen tersebut.



(Gambar 4.33. Lapisan Pada Setiap Formasi Terbuka)

Disebabkan adanya erosi dan membuka lapisan pada Formasi yang ada di Kubah Sangiran, sehingga memiliki kenampakan seperti perbukitan yang bergelombang.

4.3. Hubungan Genetik Fossil (Filogenetik) yang Ditemukan dengan Fauna Endemik di Sekitar Penelitian

Pulau Jawa dahulunya kaya akan keberadaan fauna endemiknya, akan tetapi saat ini sedikit sekali ditemukannya keturunan dari hewan-hewan purba tersebut di tempat aslinya. Turunan hewan-hewan purba tersebut justru dominan menyebar di pulau Sumatera dan Kalimantan. Pulau Sumatera dan Kalimantan memang cocok sekali untuk berkembang-biakan hewan dikarenakan kondisi hutan yang mendukung serta ekosistem masih terjaga, walaupun terdapat juga pemburuan liar dan penebangan hutan secara bebas di kawasan tersebut. Pulau Sumatera maupun Kalimantan sedikit sekali ditemukannya fosil hewan vertebrata, hal itu bukan meindikasikan bahwa tidak ada fosil vertebrata sama sekali. Tetapi disebabkan karena lingkungan pengendapannya berupa rawa dan kondisi endapan sedimen dominan gambut yang banyak mengandung zat asam sehingga tidak dapat mengawetkan tulang hewan tersebut.

Saat ini sulit sekali menemukan turunan hewan purba tersebut di alam liar daerah penelitian, hal itu disebabkan karena adanya pemburuan liar, padat pemukiman, kekurangan hutan sebagai tempat tinggal, perubahan cuaca dan iklim yang drastis, atau karena terkena bencana erupsi gunung lawu tua dari zaman ke zaman. Ribuan fosil hewan purba tersebut banyak ditemukan di daerah penelitian, hal itu menandakan bahwa dahulunya di daerah penelitian merupakan hutan hujan tropis sampai hutan terbuka yang menyimpan banyak flora dan fauna di dalamnya.

1. Banteng Jawa (*Bos javanicus*)



(Gambar 4.34. Banteng Jawa source: Google)

Banteng jawa ini berada di empat Taman Nasional di pulau Jawa, tidak lagi terdapat di alam liar. Banteng jawa ini masih memiliki genetik murni dari banteng jawa aslinya (*Bos j. Javanicus*) berdasarkan pohon filogenetik, banteng jawa juga memiliki kekerabatan dengan banteng kalimantan dari tingkatan subspeciesnya. Hal itu berdasarkan pernyataan dari peneliti Balai Besar Litbang, saat ini banteng jawa sudah terancam punah.

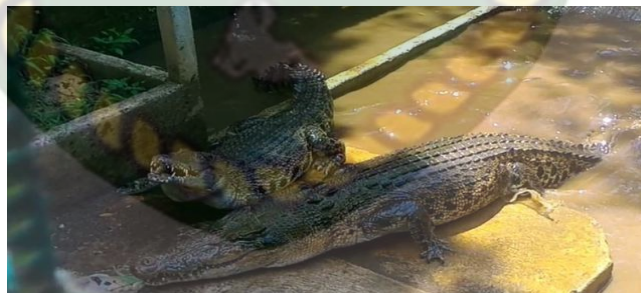
2. Sapi liar (*Bos sp*)



(Gambar 4.35. Sapi Liar di Taman Nasional Alas Purwo *source: Google*)

Sapi liar saat ini juga sulit ditemukan di habitatnya, hal itu juga berlaku pada fauna jenis apapun di daerah penelitian, faktornya penyebabnya juga sama. Akan tetapi, sapi liar ini banyak di temukan pada Taman Nasional Alas Purwo.

3. Buaya (*Crocodylus sp*)



(Gambar 4.36. Buaya *source: Google*)

Buaya di sekitar penelitian hampir tidak ditemukan, baik di anak sungai maupun di sungai induknya (Sungai Bengawan), pakar peneliti memperkirakan kemungkinan ada, tetapi yang jauh dari aktivitas penduduk sekitar.

4. Kuda nil Jawa (*Hexaprotodon sp*)



(Gambar 4.37. Kuda Nil source: Google)

Kuda nil Jawa merupakan Mammalia besar dan buas, akan tetapi sangat disayangkan hewan satu ini sudah punah dan tidak ditemukan lagi turunan aslinya, kebanyakan kuda nil yang berada di kebun binatang atau penangkaran itu merupakan hasil hibridasi atau spesies negara lain.

5. Gajah (*Elephas sp*)

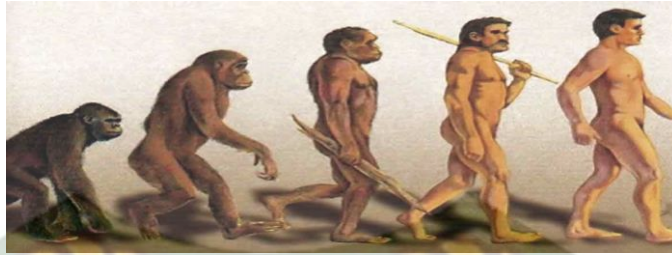
Di daerah penelitian sudah tidak dapat menemukan gajah baik itu di alam liar atau di Taman Nasional, gajah Jawa turunan langsung dari gajah purba Jawa sudah dinyatakan punah, akan tetapi menyebar di luar pulau Jawa dan membentuk subspecies baru. Pihak yang lain beranggapan bahwa gajah kerdil merupakan gajah Asia yang sejak masa Pleistosen telah mendiami Kalimantan yang saat itu menyatu dengan Asia.

Menurut peneliti konservasi, sangat menarik anggapan bahwa gajah Kalimantan yang tinggal di hutan mungkin merupakan sisa terakhir subspecies yang telah punah di tempat asalnya di pulau Jawa, Indonesia, beberapa abad yang lalu.



(Gambar 4.38. Gajah Kerdil Kalimantan source: Google)

6. *Homo erectus*



(**Gambar 4.39.** Evolusi manusia purba *source: Google*)

Perlu diakui di sini, bahwa ilmu prasejarah tidak begitu banyak dapat menolong kita. Masih jarang sekali ditemukan fosil manusia yang berumur akhir Pleistosen dan awal Holosen (kala yang dimulai dengan periode antar glasial terakhir, yaitu sekitar 11.800 tahun lalu). Kepunahan manusia purba termasuk *Homo erectus* diperkirakan karena perubahan iklim secara drastis dan tingkat curah hujan yang dilihat sampai 5 juta tahun lalu oleh tenaga ahli setempat. Sedangkan alasan lain manusia purba sudah berubah menjadi kearah yang lebih baik yakni manusia modern, saat ini diketahui bahwa populasi Indo-Malaysia yang mempunyai sifat lebih mongoloid (disebut Mongoloid Selatan) mendiami bagian utara dan barat kepulauan Indonesia (kecuali kelompok Negrito di Malaysia dan Philipina). Sifat-sifat ini menjadi berkurang kalau kita semakin mendekati ke arah Irian Jaya, Papua Niugini, dan Australia.

Telah diajukan berbagai teori mengenai penghunian daerah-daerah ini selama kala Pleitosen atas dan Holosen. Peter Bellwood mencoba memberikan suatu gambaran sintesis bagi kepentingan ahli prasejarah yang kita kutipkan di sini garis besarnya. Ada kemungkinan bahwa penduduk Australia (dan Papua Niugini) berlansung dari daerah Indo-Malaysia, lebih dari 40.000 tahun yang lalu. Kita belum mengenal fosil yang usia itu, namun kemungkinan penghuni Australia yang pertama ini adalah keturunan Manusia Ngandong. Beberapa ciri yang “kekar” (robust) masih dapat ditemukan pada fosil yang lebih muda dari Kow Swamp. Beberapa waktu kemudian tiba suatu kelompok dengan sifat yang lebih “ringkih” (gracile) yang diwakili misalnya oleh manusia Mungo.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Keberadaan hewan purba di situs Sangiran yang dominan ditemukan adalah berupa fragmen, dengan umur Pleistosen Bawah pada Formasi Pucangan hingga Pleistosen Tengah pada Formasi Kabuh (1,8 jt -730.000 tahun lalu). Kondisi fragmen terdapat bagian yang terkikis, terdapat bagian yang hilang, terdaptnya bagian yang retak akibat dari pelapukan atau proses sedimentasi. Fragmen fosil yang diamati itu berupa : Mandibula dextra dan caninus (*Hexaprotodon sp*), bagian cranium dan mandibular dextra (*Crocodylus sp*), maxilla (*Elephas namadicus*), distal radius (*Bos sp*), cranium (*Bibos sp*), dan cranium (*Homos erectus*).
2. Paleoekologi pada Formasi Pucangan berupa rawa dengan hirarki tertinggi sebagai predator utama ialah *Crocodylus sp*, sedangkan pada Formasi Kabuh terdapat paleoekologi hutan hujan tropis – hutan terbuka dengan hirarki tertinggi sebagai predator ialah harimau atau *Homo erectus*. Untuk filogenetik pada fauna endemik di daerah penelitian yang sudah terancam punah ialah : *Bos j. javanicus* (Banteng Jawa), *Crocodylus sp* (buaya muara), dan *Bos sp* (sapi hutan). Sedangkan yang sudah punah ialah *Hexaprotodon sp* (kuda nil asia), *Elephas sp* (gajah jawa), dan *Homo erectus*.

1.2.Saran

Seharusnya pihak konservasi cagar budaya lebih peduli mengenai pembangunan dan perkembangan situs purba yang ada di Indonesia karena cagar budaya bisa menjadi destinasi wisata edukasi yang menarik bagi masyarakat lokal maupun internasional, dukungan yang diharapkan seperti penyediaan tenaga ahli, tersediaan alat yang lebih memadai dan mendukung penuh segala kegiatan paleontologi dan arkeologi seperti mesin penghitung radioaktivitas dengan metode isotop agar lebih detail umur absolute fosil beserta artefak yang ditemui dan tersediaan alat untuk analisis lanjutan struktur fosil melalui metode abrasi, bioerosi, *microstructure fragment*, dan *matrix fragment*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Ilham. 2013. Alat Tulang dari Situs Sangiran: Bahan Baku, Teknologi, Tipologi, Kronologi, dan Sebarannya dalam *Jurnal Sangiran*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran, Vol. 2.
- Alexander I. Oparin, *Origin of Life*. 1936. New York: Dover Publications.
- Alexandre Jimenez. MP. 1994. *Teaching Evolution and Natural Selection* J. Res. Teach. 31(5) 1994:519-535.
- Anonim. 1994. *Evolution Special Issue*. Natural History 6:1-94.
- Anonim. 2000. *Evolutionary Trees*. www.seaworld.org/seaaturtle. Diakses, tanggal 10 Juni 2021.
- Anonim. 2011. Laporan Peninjauan Kepurbakalaan di Kecamatan Bringin, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Balai Arkeologi Yogyakarta.
- Anonim. 2013. Laporan Kajian Potensi Cagar Budaya DAS Bengawan Solo. Bala Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran
- Anonymous. 2008. Journal/item/4. (online) <http://maqdhatusunindra4.multiply.com>. Diakses, tanggal 10 Juni 2021.
- Anonymous. 2008. *Mekanisme Khalayan Teori Evolusi*. <http://astaqauliyah.com>. Diakses, tanggal 10 Juni 2021.
- Anonymous. 2008. *Mekanisme-Darwin*. <http://komputertest.blogspot.com>. Diakses, tanggal 11 Juni 2021.
- Anonymouse. 2009. *Artikel Kimia Biokimia, Isolasi Geografis Memicu Evolusi Mikrobatermofilik*. <http://www.chem-is-try.org> . diakses, tanggal 11 Juni 2021.
- Anonymouse. 2009. Wikiwvolusi. <http://id.wikipedia.org>. Diakses, tanggal 11 Juni 2021.
- Appleman, P. 1970. Dawrin. W.W.Norton & Company. New York.

- Ayala, F. 1987. *Molekular Evolution*. Sundaland. Sinnaeuer Assoc. Inc.
- Barlow, C. 1995. *Evolution Extended*. Cambridge: MIT Press.
- Bininda-Emonds OR, Gittleman JL, Purvis A. 1999. *Building Large Trees by Cobining Phylogenetic Information: A Complete Phylogeny of The Extant Carnivora (Mammalia)*. Biol Rev Camb Philos Soc 74 (2): 143-75.
- Brooke, M. and T. Birkhead. 1991. *The Cambridge Encyclopedia of Ornithology*. Cambridge University Press. Australia.
- Burhanuddin , AI. 2014. *Ikhtiologi, Ikan dan Segala Aspek Kehidupannya*. Deepublish, Jogjakarta.
- Burnie, D. 1999. *Get a Grip on Evolution*. The Ivy Press.
- Campbell, Reece, Mitchell. *Biologi. Edisi Ke lima Jilid 2*. Jakarta. Erlangga.
- Cartono. 2005. *Biologi Umum Untuk Perguruan Tinggi LPTK*. Bandung: Prisma Press.
- Carwardine, M. 1995. *Whales, Dolphins and Porpoises*. The visual guide to all the world's cetaceans, Eyewitness Handbook. London.
- Castro, P and M.E. Huber. 1992. *Marine Biology*. Moaby-yearbook, Inc. USA.
- Corbet, G.B and J.E. Hill. 1992. *The Mammals of Indomalayan Region, a Systematic Review*. Natural History Museum Publication, Oxford University Press.
- Colby, C. 1997. *Introduction to Evolutionary Biology*. Talk. Origins. Archive.
- Corebima, tanpa tahun. *Evolusi Makhluk Hidup*. IKIP. Malang.
- Darwin, Charles. 2002. *The Origin of Species*. Ikon Teralitera. Yogyakarta.
- Sari, M. A. P. 2012. Bentuk Bidang Pecahan Fosil Cervidae Koleksi Museum Sangiran (Analisis Mikroskopis), *Skripsi*. Jurusan Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada.