

**LAPORAN AKHIR**  
**PENELITIAN PENINGKATAN KAPASITAS**



**MODIFIKASI SIFAT MINERALOGI DAN FISIKO-KIMIA MATERIAL**  
**TANAH VERTIK DENGAN *HIGH-ENERGY BALL MILLING***

**Oleh**

**Ir. Joko Priyono, M.Sc., Ph.D (NIDN 00081805812)**

**Dr. Ir. Ismail Yasin, M.Sc. (NIDN 0028125812)**

**Bustan, S.Si, M.Si (00031127413)**

**Kontrak Penelitian No 2754/UN18.L1/PP/2020**

**Dibiayai dari Sumber Dana BLU (PNBP) Universitas Mataram**

**Tahun Anggaran 2020**

**KELOMPOK PENELITI BIDANG ILMU**

**Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Agroklimat**

**JURUSAN ILMU TANAH, FAKULTAS PERTANIAN**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

**UNIVERSITAS MATARAM**

**TAHUN 2020**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PENELITIAN PENINGKATAN KAPASITAS**

1	Judul Penelitian	: Modifikasi Sifat Mineralogi Dan Fisiko-Kimia Material Tanah Vertik Dengan High-Energy Ball Milling
2	Topik Unggulan	: Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Tanah/lahan
3	Kelompok Peneliti Bidang Ilmu	: Manajemen Sumber Daya Lahan Dan Agroklimat
4	Ketua Peneliti a. Nama Lengkap b. NIP/NIDN c. Jabatan fungsional d. Fakultas e. Alamat Institusi f. Telepon/Faks/e-mail	: Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D. 195810081986031003/0008105812 Lektor Kepala Ilmu Tanah / Fakultas Pertanian Jl.Majapahit No 62 Mataram
5	Anggota Peneliti	: 1. Dr. Ir. ISMAIL YASIN, M.Sc. 2. BUSTAN, S.Si., M.Sc.
6	Mahasiswa yang terlibat	: 1 Orang
7	Waktu Penelitian	: 6 Bulan
8	Luaran Wajib	: • Publikasi pada artikel ilmiah yang dimuat dalam jurnal (Accepted pada jurnal nasional ber-ISSN, pengumpulan paling lambat 1 tahun setelah kontrak berakhir)
9	Luaran Tambahan	: • Naskah Akademik
10	Pembiayaan a. PNPB UNRAM b. Biaya dari Instansi lain c. Biaya dari peneliti sendiri	: Rp 14,500,000 Rp 0 Rp 0

Mataram,23-11-2020

Mengetahui  
Ketua Kelompok Peneliti Bidang Ilmu

Ir. Joko Priyono, M.Sc., Ph.D.  
NIP.195810081986031003

Menyetujui  
Dekan Fakultas Pertanian / Direktur Program  
Pascasarjana UNRAM

Ir. Sudirman, M.Sc., Ph.D.  
NIP.196106161986091001

Ketua Peneliti

Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D.  
NIP.195810081986031003

Mengetahui  
Ketua BP3F/ BP2EB Fakultas Pertanian / Prodi/  
Program Studi Magister

Ir. Aluh Nikmatillah, M.Agr.Sc.,Ph.D  
NIP.196302241992032003

Mengetahui  
Ketua LPPM UNRAM

Muhamad Ali, S.Pt., M.Si., Ph.D.  
NIP.197207271999031002

## RINGKASAN

Bahan tanah vertikal atau Vertisol merupakan salah satu sumberdaya alam yang cukup melimpah di P. Lombok. Namun sifat vertikal (mudah mengembang dan mengkerut) tersebut sering menjadi masalah dalam bidang pertanian karena sifat olahannya berat dan menimbulkan kerusakan pada pondasi bangunan di tanah tersebut. Sifat vertikal itu disebabkan oleh kandungan mineral lempung (*clay*) montmorillonite yang tinggi. Dalam rangka pengembangan pemanfaatan (multi guna) sumberdaya alam tersebut, maka sifat fraksi lempung tersebut secara teoritis dapat ditingkatkan reaktifnya; dan teknik yang umumnya diterapkan untuk maksud tersebut adalah *high-energy ball milling*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh intensitas penggilingan dengan *ball mill* terhadap sifat mineralogi dan beberapa sifat fisiko-kimia fraksi lempung pada bahan tanah vertikal. Contoh tanah diambil pada 0 - 15 cm Vertisol dari Praya (Lombok Tengah), dikeringkan, dipisahkan fraksi lempung (*clay*) dari fraksi primer lainnya dengan teknik suspensi dengan H<sub>2</sub>O kemudian sedimentasi. Fraksi lempung disaring dan dikeringkan. Sampel lempung digiling dengan *ball mill* (5 kg lempung digiling dengan 10 kg bola baja Ø 17-mm 440C *stainless steel*) selama 5, 10, dan 20 menit. Selanjutnya, karakteristik mineralogi fraksi lempung diidentifikasi menggunakan XRD (di Lab. Hidrogeologi dan Hidrogeokimia ITB), COLE (*coefficient of linear extensibility*), CEC (*cation exchange capacity*), WHC (*water holding capacity*), dan SE (*suspension effect*) di Lab. Kimia Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Faperta Unram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi lempung Vertisol dari Praya didominasi oleh (> 90 %) mineral lempung montmorillonite. Penggilingan lempung dengan *ball mill* sampai dengan 20 menit menurunkan kristalinitas (amorfisasi) mineral, sehingga *d-spacing* turun dari 15,71 Å menjadi 14,46 Å dan XRD peak sedikit melebar. Perubahan sifat mineralogi tersebut diikuti oleh meningkatnya nilai COLE (0,273 menjadi 0,435), CEC (132,6 menjadi 226 cmol.kg<sup>-1</sup>), WHC (93,4 % menjadi 146,0 %), dan SE (0,24 menjadi 0,48 unit pH). Perubahan sifat lempung tersebut menjelaskan bahwa penggilingan dengan *ball mill* meningkatkan reaktivitas material lempung dari Vertisols, dan intensitas perubahan sifat tersebut masing-masing memungkinkan ditingkatkan dengan menggilingnya lebih intensif sebelum terjadi *agglomeration* atau *sintering*. Disimpulkan bahwa *high-energy ball milling* memodifikasi sifat mineralogi dan fisiko-kimia bahan (fraksi lempung) vertikal menjadi lebih reaktif, sehingga potensial untuk kegunaannya yang lebih luas. Untuk melihat kegunaan material tersebut yang lebih luas diperlukan kajian lebih lanjut menggunakan parameter pengamatan yang berbeda-beda, sesuai dengan jenis uji pemanfaatan material lempung tersebut.

**DAFTAR ISI**

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Tanah Vertik (Vertisols)	3
2.2. Pemanfaatan Partikel Klei (Clay)	3
2.3. <i>High-Energy Ball Milling</i>	5
BAB III. METODE PENELITIAN	6
3.1. Bahan Penelitian	6
3.2. Penggilingan Material Vertik	6
3.3. Analisis Sifat Material	6
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	8
4.1. Sifat Mineralogi Material	8
4.2. Sifat Fisik dan Kimia Material	9
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	12
DAFTAR PUSTAKA	13
LAMPIRAN	15

### DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1.	Nilai (rerata + simpangan baku) <i>coefficient of extensibility</i> (COLE), kapasitas tukar kation (KTK), kapasitas menahan air (KMA), dan efek suspensi (ES) material yang digiling dengan ball mill selama 0 – 20 menit	15

### DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1.	Urutan proses penyiapan bahan hingga dihasilkan material yang siap dianalisis	7
2.	Difraksi sinar x (XRD <i>peaks</i> ) bidang kristal [100] mineral montmorillonit dari fraksi klei Vertisol Praya yang digiling dengan ball mill selama 0, 5, 10, dan 20 menit.	8
3.	Kondisi material klei basah (atas) dan setelah dikeringkan dengan oven 105° C (bawah)	10

### DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Teks	Halaman
1.	Data mentah hasil analisis XRD (Lab. Hidrogeologi dan Hidrogeokimia – ITB).	16
2.	Data COLE, kapasitas menahan air (KMA), kapasitas tukar kation (KTK), dan efek suspensi.	17
3.	Data kontrak penelitian	18

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Salah satu jenis tanah yang banyak terdapat di Pulau Lombok adalah Vertisols, yaitu tanah yang mempunyai sifat vertik (mudah mengembang-mengkerut). Munculnya sifat tersebut disebabkan oleh kandungan mineral liat 2:1 montmorilonit yang dominan pada partikel primernya. Vertisols umumnya berkadar liat (*clay*) tinggi ( $> 35\%$ ), mempunyai daya jerap terhadap air relatif tinggi. Dalam kondisi kering (musim kemarau), konsistensinya sangat keras dan retakan lebar serta dalam sehingga sulit diolah (sifat olah sangat berat), sedangkan pada kondisi basah/lembab (musim hujan) sangat licin, plastis, mengembang (retakan menghilang) dan terbentuk gilgic (gundukan kecil). Sifat tersebut menimbulkan banyak masalah kaitannya dengan penggunaan tanah tersebut dalam bidang pertanian maupun non-pertanian, misalnya sebagai badan jalan atau pondasi konstruksi gedung dan jembatan.

Struktur pada kisi kristal mineral montmorilonit terdiri atas 2 struktur dasar tetrahedral Si mengapit oktahedral Al, dan antar dua kisi kristal tersebut dihubungkan oleh kation  $\text{Ca}^{+2}$  atau/dan  $\text{Mg}^{+2}$  yang bersifat mudah bertukar (Bohn et al., 1985). Keberadaan  $\text{Ca}^{+2}$  atau  $\text{Mg}^{+2}$  sebagai kation penghubung antar kisi kristal tersebut memegang peranan penting kaitannya dengan sifat vertik (mengembang-mengkerut). Oleh karena itu, untuk meningkatkan, memperluas, atau memperbaiki multi-guna dari material vertik yang ketersediaannya melimpah tersebut, maka perlu dimodifikasi struktur kristalnya, terutama pada mineral 2:1 montmorillonit dengan tujuan untuk menghilangkan sifat vertik, sekaligus meningkatkan reaktivitas partikel tersebut.

Dari aspek teknologi, penggilingan intensif dengan *ball mill (nano technology)* banyak diterapkan dengan berbagai tujuan, khususnya modifikasi material logam atau mineral. Misalnya, teknik tersebut digunakan oleh para pakar di bidang keramik untuk mengubah karakteristik mineral, antara lain oleh Gassala et al. (1978) pada mineral  $\alpha$ -spodomene dan Garcia et al. (1991) pada mineral kaolins, dan untuk pengembangan bahan penjerap kontaminan acid drainage mining (Prastistho et al., 2018). Penerapannya pada bidang pertanian, teknologi nano digunakan untuk memproses mineral silikat (Harley, 2002), batuan fosfat (Lim et al., 2003; Priyono, 2008) atau batuan silikat (Priyono, 2005), dan

mineral sintetis (Borges et al., 2019) untuk memproduksi pupuk. Namun, upaya memodifikasi sifat vertik untuk mengatasi masalah sifat itu kaitannya dengan penggunaan bahan vertik itu dalam bidang pertanian, teknik, atau industri keramik (gerabah), belum pernah dilakukan, khususnya untuk material Vertisols dari P. Lombok. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian modifikasi material vertik menggunakan ball mill dengan harapan dapat menemukan cara yang efektif untuk menghilangkan/mengurangi hambatan penggunaannya karena sifat vertik itu; serta untuk mengembangkan reaktivitas partikel tersebut sehingga dapat diperluas kemungkinan pemanfaatannya dalam berbagai bidang pertanian maupun non-pertanian.

## **1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan (modifikasi) sifat mineralogi, fisik, dan kimia dari partikel tanah vertik (Vertisols) akibat penggilingan intensif dengan ball mill. Perubahan tersebut diharapkan bersifat positif, yaitu dapat meningkatkan efektivitas partikel tanah tersebut untuk dapat digunakan sebagai bahan gerabah (porselin), bahan penjerap/penyaring kontaminan dan beragam logam berat berkualitas tinggi.

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pengetahuan baru tentang Teknik modifikasi material vertik yang efektif, dan pengalaman itu dapat menginspirasi untuk pemanfaatan sumberdaya alam berupa tanah vertik (Vertisol) di P. Lombok untuk kegunaan yang lebih luas.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanah Vertik (Vertisols)

Berdasarkan *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2014), tanah bersifat vertikal atau Vertisols adalah tanah mineral yang bagian 25 cm teratas mengandung liat (*clay*) minimal 30 %, dan mengembang (musim hujan) - mengkerut (musim kering) secara periodik. Contoh Vertisols yang terdapat di P. Lombok adalah di wilayah Lombok Tengah bagian selatan, atau Praya dan sekitarnya (Priyono et al., 2018) yang fraksi liat (*clay*)-nya didominasi oleh mineral montmorillonite (Priyono et al., 2019). Karakteristik yang unik pada Vertisol disebabkan oleh kandungan mineral liat montmorillonite yang dominan pada jenis tanah tersebut.

Mineral montmorillonite adalah salah satu jenis mineral phyllosilicate dengan, struktur kristalnya 2:1 (satu misel terdiri atas dua struktur dasar tetrahedral Si mengapit satu unit dasar oktahedral Al), dan antar dua misel dihubungkan dengan  $\text{Ca}^{+2}$  atau  $\text{Mg}^{+2}$  dengan ikatan lemah ( $\text{OH}^-$ ) sehingga molekul air mudah masuk maupun keluar sehingga mengembang pada musim hujan dan mengkerut pada musim kering. Rumus kimia umum dari montmorillonite adalah  $\text{M}_x(\text{Al}_{2-x}\text{Mg}_x)\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , dimana M dan x masing-masing adalah kation dapat bertukar dan jumlah mol  $\text{Mg}^{2+}$  yang menggantikan  $\text{Al}^{3+}$  (substitusi isomorfik) pada struktur dasar oktahedral. Permukaan efektifnya sangat luas, sehingga mineral montmorillonit sangat reaktif (Bohn et al., 1985).

### 2.2. Pemanfaatan Partikel Klei (*Clay*)

Mineral liat, khususnya mineral liat montmorillonite, telah dimanfaatkan dalam banyak bidang keramik, industri, kosmetik, dan pertambangan. Kaitannya dengan input usahatani, mineral liat (*clay*) dapat difungsikan untuk mengontrol pelepasan unsur hara/pupuk, pestisida, herbisida, dan remediasi bahan toksik di dalam tanah (Manjaiah et al., 2019), baik organik maupun anorganik, dari aktivitas manusia. Mineral liat juga telah digunakan sebagai bagian dari pupuk granular, terutama pupuk majemuk, yaitu sebagai carrier (pembawa) unsur hara, sebagai carrier organisme (pupuk hayati). Fungsi efektif dari tanah tersebut tidak terlepas dari keberadaan mineral liat sebagai bagian dari tanah tersebut yang sangat reaktif. Terkait dengan sarana dan prasarana pertanian dalam arti luas, keberadaan mineral liat juga sangat penting. Misalnya, peran penting *clay* yang berkaitan dengan bangunan embung, jaringan irigasi, kolam dan tambak ikan;



keberadaan clay sangat penting untuk penahan air atau untuk menghindari terjadinya kebocoran sarana pertanian tersebut. Tanah sawah yang produktif tidak akan dapat dibentuk tanpa adanya mineral liat (*clay*).

Dalam bidang non-pertanian, mineral liat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan (teknik), industri, pertambangan, dan obat-obatan, dsb. Pada periode awal peradapan manusia (primitif), mineral liat telah digunakan sebagai bahan bangunan (tempat tinggal) berbentuk kubah dari lumpur; bahan untuk batu bata, barang pecah belah (alat dapur tradisional). Seiring dengan perkembangan peradapan manusia, mineral liat dimanfaatkan sebagai komponen berbagai barang produk industri, katalis, bahan penjerap dalam berbagai industri, pertambangan, teknik bangunan, maupun obat-obatan. Menurut Mukherjee (2007), secara bertahap mineral liat telah menggantikan peran logam yang digunakan dalam berbagai bidang sebagai alternatif material yang lebih murah, lebih baik dan ramah lingkungan. Murray (1991) menjelaskan penggunaan mineral liat berdasarkan kelompok mineral kaolinit, smektit, poligorskit, sepiolite, dan mineral liat lainnya. Kaolinit terutama digunakan dalam industri kertas, cat, keramik, plastic, karet, dan bahan katalis dalam berbagai industri. Mineral smectite digunakan dalam pengeboran (sebagai pelumas), perekat bahan pasir dan bijih besi, bahan penyumbat dalam berbagai kegiatan teknis; penyerap kotoran binatang peliharaan (kucing, anjing dsb), pembersih/katalis pengolahan minyak mentah. Palygorskite dan sepiolite digunakan terutama sebagai bahan penjerap cairan, air dan minyak; media suspensi/pelumas dalam pengeboran, material cat, dan bahan farmasi (obat) atau kosmetik (kecantikan). Mineral liat lainnya meliputi penggunaan shale dan *clay* pada struktur keramik, semen, beton ringan, dsb.

Mineral liat juga telah banyak dilibatkan dalam formulasi pembuatan kosmetik (Viserasa et al., 2007), terutama dalam persiapan bahan semi-padatan (semi solid) dengan berbagai fungsi, termasuk sebagai stabilizer suspensi dan emulsi, viskositas; adesi terhadap kulit, adsorpsi debu, atau pengontrol pelepasan panas. Fungsi tersebut dimungkinkan karena permukaan liat yang luas dan sifat koloidalnya yang kuat, terutama jika dilarutkan pada larutan polar. Dalam dunia kesehatan (Carretero dan Pozo, 2010), mineral liat juga banyak digunakan sebagai bahan aktif berbagai jenis obat, antiseptic, anestesia lokal, dsb. Pemanfaatan mineral liat yang begitu luas berkaitan dengan ukuran partikel, sifat fisiko-kimia permukaan (muatan elektrik), luas permukaan efektif, dan sifat fisiko-kimia spesifik lainnya, seperti viskositas, warna, plastisitas, kekuatan terhadap suhu pembakaran, absorpsi, dedsorpsi dll. Karakteristik tersebut menyebabkan mineral

liat digunakan dalam bidang pertanian maupun berbagai proses industri, teknik, perminyakan, dan farmasi. Teknologi nano atau bahan (material engineering) telah banyak dimanfaatkan untuk memodifikasi sifat mineral liat untuk kegunaan khusus, atau yang sedang trend saat ini adalah teknologi *nanoclay*.

### **2.3. High-Energy Ball Milling**

Teknologi ball milling banyak digunakan dalam industri pertambangan logam (mining), menghancurkan bijih logam untuk selanjutnya dipilah berdasarkan jenis logamnya. Menurut Ramadan et al. (2010), teknologi tersebut merupakan salah satu alternatif untuk eksploitasi partikel mineral liat; ball milling terutama untuk menyiapkan PCN yang tidak dapat diproses secara konvensional.

Penggilingan intensif dengan ball mill (nano technology) banyak diterapkan dengan berbagai tujuan, khususnya modifikasi material logam atau mineral. Misalnya, teknik tersebut digunakan oleh para pakar di bidang keramik untuk mengubah karakteristik mineral, antara lain oleh Gassalla et al. (1978) pada mineral  $\alpha$ -spodomene dan Garcia et al. (1991) pada mineral kaolins, dan pengembangan bahan penjerap kontaminan acid drainage mining (Prastistho et al., 2018). Penerapannya pada bidang pertanian, teknologi nano itu digunakan untuk memproses mineral silikat (Harley, 2002), batuan fosfat (Lim et al., 2003; Priyono, 2008) atau batuan silikat (Priyono, 2005), dan mineral sintetis (Borges et al., 2019) untuk memproduksi pupuk.

*Ball milling* merupakan cara yang efektif untuk mempercepat pelepasan unsur hara dari mineral dan batuan. Banyak peneliti (Gassalla et al. 1987; Kühnel dan Van der Gaast, 1989; Garcia et al. 1991; Sugiyama et al. 1994; Aglietti 1994; Suraj et al. 1997; Uhlík et al. 2000) melaporkan bahwa *high-energy milling* berpengaruh utama terhadap sifat fisiko-kimia batuan dan mineral. *High-energy milling* dapat menghancurkan struktur mineral dan batuan dan meningkatkan luas permukaan efektif. Misalnya, Aglietti (1994) menunjukkan bahwa penggilingan dalam kondisi kering pada mineral talc meningkatkan KTK dan Mg terlarut dalam air. *High-energy milling* meningkatkan pelepasan unsur hara dari beberapa mineral silikat (Harley, 2002) dan batuan fosfat (Lim et al. 2003) di dalam tanah. Tetapi, jika penggilingan itu terlalu intensif dapat menyebabkan terjadinya *agglomeration* atau *sintering* yang menyebabkan penurunan luas permukaan efektif (Priyono, 2005).

## BAB III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Bahan Penelitian

Bahan utama dalam riset ini adalah material tanah vertik. Bongkahan sample tanah vertik (Vertisols) diambil dari Lombok Tengah (di dekat Bendungan Batujahe) pada kedalaman 0 – 15 cm, dibersihkan dari kotoran/bahan organik dan sisa akar tanaman. Selanjutnya, bongkah tanah tersebut dipecahkan dengan palu hingga diperoleh agregat tanah berdiameter < 1 cm. Contoh tanah vertik dilarutkan ke dalam air, diaduk hingga membentuk suspensi, kemudian didiamkan sekitar dua jam. Larutan suspensi dipisahkan (disaring) untuk memisahkan partikel klei dengan pasir dan debu, serta partikel kasar yang melayang (bahan organik). Suspensi partikel *clay* dikeringkan di bawah terik matahari hingga betul-betul kering.

### 3.2 Penggilingan Material Vertik

Proses penggilingan partikel tanah dilakukan di Pabrik Pupuk PT. JIA Agro Indonesia (di Desa Akar-Akar, Kabupaten Lombok Utara) menggunakan mesin ball mill horizontal. Parameter ball milling: diameter tabung ball mill bagian dalam adalah 48 cm, dan panjang 120 cm; diameter bola baja yang digunakan adalah 17 mm (440C-stainless steel ball), rasio (w/w) bola baja : partikel yang digiling = 2:1 (10 kg bola baja, 5 kg sampel partikel yang digiling), dan kecepatan putar mesin 80 – 90 rpm. Proses penggilingan dilakukan selama 5, 10, dan 20 menit. Urutan proses penyiapan bahan hingga dihasilkan material yang siap dianalisis disajikan pada Gambar 1.

### 3.3 Analisis Sifat Material

Setelah proses penggilingan, material yang dihasilkan dianalisis untuk mengidentifikasi sifat mineralogi, COLE (coefficient of linear extensibility), kapasitas tukar kation, kapasitas memegan air, dan efek suspensi masing-masing material yang sudah digiling dengan waktu penggilingan yang berbeda (0 (kontrol), 5, 10, dan 20 menit) sebagai berikut:

- 1). Jenis dan sifat mineralogi material diidentifikasi melalui analisis difraksi sinar x (x-ray diffraction - XRD), dilakukan di Laboratorium Hidrogeologi dan Hidrogeokimia, ITB – Bandung. Mesin yang digunakan adalah Rigaku SmartLab X-Ray Diffractometer menggunakan tabung (tube) sumber sinar x dari Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1.5054$  nm), sudut pembacaan  $2\theta$  pada 2 - 30 derajat, interval pembacaan 0,02 derajat, 5 reading/sec.



Gambar 1. Urutan proses penyiapan bahan hingga dihasilkan material yang siap dianalisis.

- 2). COLE (*coefficient of linear extensibility*), ditentukan berdasarkan nilai bobot jenis volume pada kondisi jenuh air atau retensi sekitar  $1/3$  bar ( $BV_{1/3 \text{ bar}}$ ) dan kering oven ( $BV_{ov}$ ) dari masing-masing material sesuai dengan perlakuan waktu penggilingan.

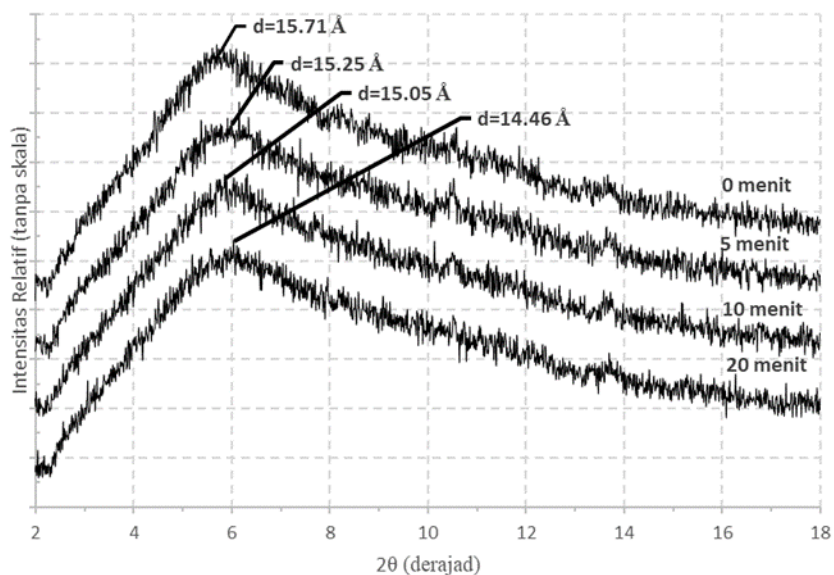
$$\text{Nilai COLE} = (BV_{1/3 \text{ bar}}/BV_{ov})^{1/3} - 1.$$

- 3). Kapasitas tukar kation (KTK), diukur dengan larutan penukar kation 1N  $\text{NH}_4\text{OAct}$  pH 7,0. Kuantitas kation penukar ( $\text{NH}_4^+$ ) diukur melalui destilasi.
- 4). Effect suspensi (ES), diukur dengan pH meter, yaitu selisih nilai pH yang diukur pada suspensi setelah partikel diendapkan (larutan jernih) dengan nilai pH yang diukur pada larutan suspensi keruh; rasio partikel:  $\text{H}_2\text{O} = 1: 5$ .

## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Sifat Mineralogi Material

Hasil analisis XRD fraksi klei material vertikal disajikan pada Gambar 2. Pada pola XRD (Gambar 2), *peak* yang tampak jelas hanya difraksi oleh mineral montmorillonit (pada  $2\theta$  sekitar 6 derajat), sedangkan kemungkinan difraksi sinar x oleh mineral lain tidak tampak dengan jelas (bahan amorfus). Artinya, > 90 % fraksi klei pada Vertisol Praya adalah montmorillonit. Informasi tingkat kemurnian komposisi mineralogi klei ini sangat penting kaitannya dengan peluang penggunaan fraksi klei Vertisol Praya sebagai standar (referensi) dalam identifikasi mineral. Lebih lanjut, *d-spacing* fraksi klei yang tidak digiling (kontrol) adalah 15,71 Å, dan sedikit berkurang akibat penggilingan menjadi 1,46 Å (penggilingan selama 20 menit).



Gambar 2. Difraksi sinar x (XRD *peaks*) bidang kristal [100] mineral montmorillonit dari fraksi klei Vertisol Praya yang digiling dengan ball mill selama 0, 5, 10, dan 20 menit.

Pada Gambar 2 tampak bahwa penggilingan dengan *ball mill* selama 5, 10, dan 20 menit menurunkan kristalinitas struktur montmorillonit, ditandai dengan *peaks* XRD pada sudut  $2\theta$  sekitar 6 derajat yang sedikit makin melebar dengan meningkatnya lama penggilingan. Artinya, bidang kristal mineral montmorillonit pada material yang digiling tersebut telah mengalami sedikit rusak struktur kristalnya, sehingga difraksi sinar x makin melebar karena meningkatnya *noise* difraksi sinar x, dan sudut puncak difraksi (sudut  $2\theta$ ) makin besar, atau *d-spacing* makin mengecil.

Terjadinya penurunan kristalinitas (amorfisasi) mineral akibat penggilingan dengan *ball mill* seperti ditunjukkan pada Gambar 2, mirip dengan yang ditunjukkan oleh peneliti sebelumnya pada mineral sekunder (Gasalla et al., 1987; Garcia et al., 1991; Ramadan et al., 2010; Aglietti, 1994), maupun pada mineral primer (Harley, 2002) atau batuan (Priyono, 2005, 2008; Lim et al., 2003) yang intensitas penggilingannya sangat intensif (beberapa jam). Benturan oleh bola baja dengan kecepatan dan frekuensi tinggi menyebabkan kerusakan setidaknya pada struktur polihedral klei yang digiling, dan memperhalus ukuran partikel menjadi beberapa nanometer.

Pada penelitian ini, penggilingan sampai dengan 20 menit belum mengindikasikan terjadinya *agglomeration* atau *sintering* dimana makin lama/intensif digiling, ukuran partikel bahan makin kasar. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil modifikasi yang optimum atau reaktivitas material yang maksimum, intensitas penggilingan bahan vertikal tersebut masih dapat ditingkatkan sampai mencapai batas penggilingan optimum. Perlakuan itu dapat diterapkan melalui peningkatan kecepatan giling, rasio bahan : bola baja, ataupun durasi penggilingan secara bertahap.

#### 4.2 Sifat Fisik dan Kimia Material

Nilai rerata COLE (coefficient of linear extensibility), kapasitas tukar kation (KTK), kapasitas menahan air (KMA), dan efek suspensi (ES) pada intensitas penggilingan 0 – 20 menit disajikan pada Tabel 1. Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa penggilingan dengan *ball mill* selama 0 – 20 menit meningkatkan semua nilai parameter sifat fisik dan kimia (COLE, KTK, KMA, dan ES) bahan tanah vertikal yang dikaji dalam penelitian ini.

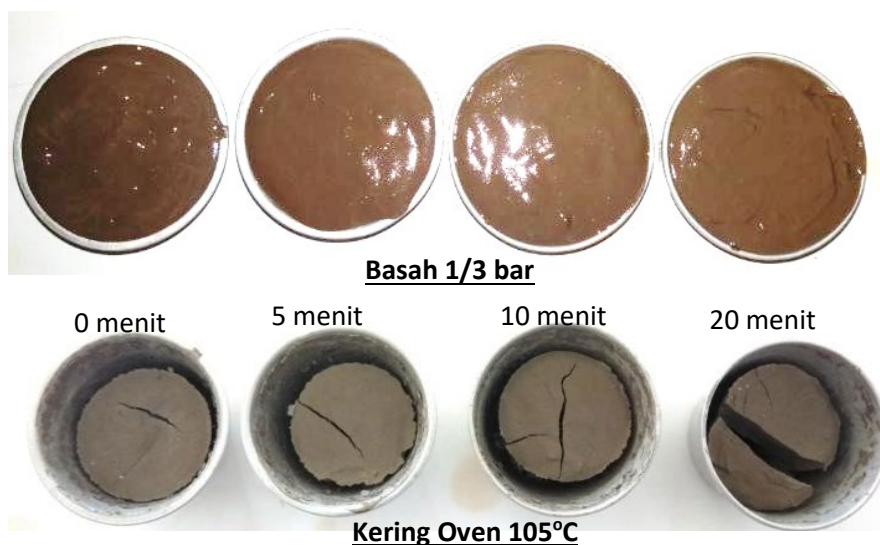
Tabel 1. Nilai (rerata  $\pm$  simpangan baku) *coefficient of extensibility* (COLE), kapasitas tukar kation (KTK), kapasitas menahan air (KMA), dan efek suspensi (ES) material yang digiling dengan *ball mill* selama 0 – 20 menit

Penggilingan (menit)	COLE	KTK (Cmol.kg)	KMA (%)	ES (1:5) (unit pH)
0	0,273 $\pm$ 0,021	132,6 $\pm$ 8,2	93,4 $\pm$ 4,9	0,24 $\pm$ 0,03
5	0,338 $\pm$ 0,016	172,3 $\pm$ 12,1	119,5 $\pm$ 6,9	0,41 $\pm$ 0,06
10	0,404 $\pm$ 0,042	175,8 $\pm$ 9,8	133,9 $\pm$ 7,2	0,42 $\pm$ 0,05
20	0,435 $\pm$ 0,052	226,2 $\pm$ 11,2	146,0 $\pm$ 5,3	0,48 $\pm$ 0,04

Keterangan: pengukuran dilakukan 5 kali (ulangan) dari sample yang diambil secara acak.

Batas minimal nilai COLE suatu material tanah dikategorikan sebagai bahan vertik dan bersifat bahaya/dapat merusak pondasi bangunan adalah 0,06 (Onweremadu dan Anikwe, 2007), atau berkorelasi positif dengan kadar klei (Vaught et al., 2006). Menurut SCS-USDA (1972), nilai  $COLE > 0,09$  dianggap sebagai indikasi vertik yang potensial merusak bangunan, sedangkan menurut Grossman et al. (1968), nilai  $COLE > 0,03$  mengindikasikan dominasi mineral montmorillonit pada bahan tanah tersebut. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Priyono et al., 2019), kadar klei Vertisol Praya sekitar 56 %, sehingga sifat vertik (COLE) tanah tersebut seperti terlihat pada Tabel 1 sangat nyata dan berbahaya atau potensial menyebabkan kerusakan pada pondasi bangunan.

Peningkatan nilai COLE akibat penggilingan kemungkinan berkaitan dengan meningkatnya kapasitas menahan air (KMA) karena makin luasnya permukaan efektif material klei. Tingginya KMA (material yang digiling 5 – 20 menit) yang diakibatkan oleh luas permukaan efektif ternyata lebih tinggi daripada yang disebabkan oleh struktur kristalin montmorillonit yang tidak digiling (KMA kontrol). Hal tersebut merupakan penjelasan mengapa nilai COLE fraksi klei yang digiling bukannya turun (menghilangkan sifat vertik), tetapi justru meningkat (lebih vertik). Penjelasan tersebut didukung oleh pengamatan visual (Gambar 3) terjadinya retakan (pada kondisi kering oven  $105^{\circ}C$ ) yang lebih intensif pada fraksi klei yang digiling dengan *ball mill*.



Gambar 3. Kondisi material klei basah (atas) dan setelah dikeringkan dengan oven  $105^{\circ}C$  (bawah)

Meningkatnya nilai KTK, KMA, serta SE merupakan indikasi kuat bahwa penggilingan fraksi liat Vertisol dengan ball mill meningkatkan reaktivitas partikel atau bahan vertik tersebut. Informasi tentang meningkatnya reaktivitas material tanah akibat penggilingan itu sangat penting kaitannya dengan upaya memperluas pemanfaatan sumberdaya alam berupa bahan tanah vertik dalam berbagai bidang industri, antara lain industri keramik, bahan perekat, penyaring limbah, atau bahan campuran semen dan katalis.



## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggilingan bahan tanah vertikal (fraksi *clay* dari Vertisol) dengan *ball mill* selama 5 – 20 menit merubah mineral *clay* montmorillonit yang kristalin mejadi bahan yang lebih bersifat amorfus. Perubahan sifat mineralogi tersebut berdampak pada peningkatan nilai *coefficient of linear extensibility* (COLE) dan reaktivitas material yang diindikasikan oleh peningkatan kapasitas tukar kation (KTK), kapasitas menahan air (KMA), dan efek suspensi (ES). Perubahan sifat material vertikal tersebut dengan penerapan teknologi nano sederhana meningkatkan kemungkinan multi fungsi pada berbagai bidang industri.

Untuk mengetahui kemungkinan peningkatan multi fungsi dari sumberdaya alam bahan vertikal tersebut untuk kegunaan dalam beragam bidang industri diperlukan kajian lebih lanjut. Tergantung pada arah penggunaannya, rancangan riset lebih lanjut harus dilakukan dengan pengamatan parameter yang berbeda-beda.

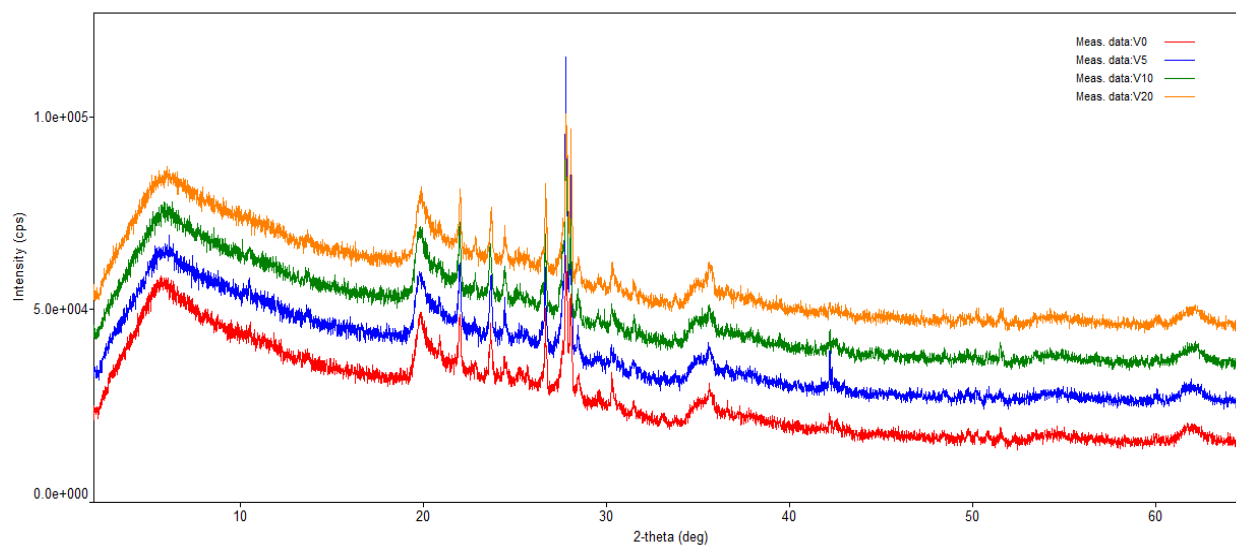
## DAFTAR PUSTAKA

- Aglietti, E.F. 1994. The effects of dry grinding on the structure of talc. *App. Clay Sci.* 9: 41 – 147.
- Bohn, H., B. McNeal, and G. O'Connor. 1985. Soil Chemistry, 2nd Edition. Wiley-Interscience, Chichester.
- Borges, R., F. Wypych, E. Petit, C. Forano, and V. Prevot. 2019. Potential sustainable slow-release fertilizers obtained by mechanochemical activation on MgZl and MgFe layered double hydroxides and K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. *Nanomaterials* 9: 1 - 18
- Carretero, M.I. and M. Pozo. 2010. Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical and cosmetic industries, Part II. Active ingredients. *Applied Clay Sci.* 47:171–181.
- Garcia, F.G., M.T.R. Abrio, and M.G. Rodriguez. 1991. Effects of dry grinding on two kaolins of different degree of crystallinity. *Clay Min.* 26: 549 – 565.
- Gasalla, H.J., E.F. Aglietti, J.M. Lopez, and E. Pereira. 1987. Change in physicochemical properties of  $\alpha$ -spodumene by mechanochemical treatment. *Material Chem. Phys.* 17, 379 – 389.
- Grossman, R.B., et. al., 1968. Linear extensibility as calculated from natural-clod bulk density measurements. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:570-573.
- Harley, A.D. 2002. Evaluation and improvement of silicate mineral fertilizers. (Ph.D thesis: The University of Western Australia).
- Kühnel, R.A. and S.J. van der Gaast. 1989. Formation of clay minerals by mechano-chemical reactions during grinding of basalt under water. *App. Clay Sci.* 4: 295 – 305.
- Lim, H.H., R.J. Gilkes, and P. McCormick. 2003. Beneficiation of rock phosphate fertilizers by mechano-milling. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:177 – 186.
- Manjaiah, K.M., R. Mukhopadhyay, R. Paul, C.S. Datta, P. Kumararaja, and B. Sarkar. 2019. Modified Clay and Zeolite Nanocomposite Materials, Chapter 13 - Clay minerals and zeolites for environmentally sustainable agriculture. *Micro and Nano Technologies*, p. 309 - 329.
- Mukherjee, S. 2007. Clays: Industrial applications and their determinants. *The Science of Clays:* 113 – 122.
- Murray, H.H. 1991. Overview — clay mineral applications. *Applied Clay Sci.* 5: 379-395.
- Prastistho, W., W. Kurniawan, and H. Honode. 2018. Passive remediation of acid mine drainage using ball-milling modified Indonesian natural bentonite: Laboratory batch and column sorption of manganese. *Green and Sustainable Chemistry* 8: 295 - 310.

- Priyono, J. 2005. Effects of high energy milling on the performance of silicate rock fertilizers. (Ph.D. Thesis, The University of Western Australia, Perth).
- Priyono, J. 2008. Effect of ball milling under various conditions on several physicochemical properties of rock phosphate fertilizer. *J. Tanah dan Iklim* 1: 1 - 8
- Priyono, J., I. Yasin, M. Dahlan, dan Bustan 2018. Identifikasi sifat, ciri, dan jenis tanah utama di Pulau Lombok. *J. Sains Teknologi & Lingkungan* 5(1): 19 – 24.
- Priyono, J., I. Yasin, M. Dahlan, dan Bustan. 2019. Identifikasi karakteristik mineralogi liat (clay) pada tanau utama di Pulau Lombok. Lap. Penelitian PNBP-Unram.
- Ramadan, A.R., A.M.K. Esawi, and A.A. Gawad. 2010. Effect of ball milling on the structure of Na<sup>+</sup>-montmorillonite and organo-montmorillonite (Cloisite 30B). *Applied Clay Sci.* 47: 196 – 202.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12<sup>th</sup> Eds. USDA-NRCS.
- SCS-USDA. 1972. Soil Taxonomy: A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Conservation Service, Agriculture Handbook No. 436.
- Sugiyama, K., J.M. Filio, F. Saito, and Y. Waseda. 1994. Structural change of kaolinite and pyrophyllite induced by dry grinding. *Mineralogical J.* 17: 28 – 41.
- Suraj, G., C.S.P. Iyer, S. Rugmini, and M. Lalithambika. 1997. The effect of micronization on kaolinites and their sorption behavior. *App. Clay Sci.* 12: 111 – 130.
- Uhlík, P., V. Šucha, D.D. Eberl, L. Puškelova, and M. Čaplovičová. 2000. Evolution of pyrophyllite particle sizes during dry grinding. *Clay Min.* 35: 423 – 432.
- Viserasa, C., C. Aguzzi, P. Cerezoa, and A. Lopez-Galindoc. 2007. Uses of clay minerals in semisolid health care and therapeutic products. *Applied Clay Sci.* (1-3): 37-550.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data mentah hasil analisis XRD (Lab. Hidrogeologi dan Hidrogeokimia – ITB).



Lampiran 2. Data COLE, kapasitas menahan air (KMA), kapasitas tukar kation (KTK), dan efek suspensi.

Milling (menit)	COLE						TOTAL	RERATA	AVEDEV
	1	2	3	4	5	6			
0	0.305	0.293	0.233	0.272	0.262		1.364	0.273	0.021
5	0.374	0.342	0.333	0.317	0.327		1.692	0.338	0.016
10	0.449	0.482	0.342	0.406	0.343	0.400	2.423	0.404	0.042
20	0.457	0.557	0.445	0.363	0.357	0.428	2.608	0.435	0.052

Milling (menit)	WHC (%)						TOTAL	RERATA	AVEDEV
	1	2	3	4	5	6			
0	96.1	98.3	81.2	97.9	93.8		467.219	93.4	4.9
5	136.8	115.9	114.4	116.2	114.1		597.538	119.5	6.9
10	148.9	140.4	131.8	129.9	123.3	129.1	803.476	133.9	7.2
20	154.6	153.2	144.3	145.0	143.4	135.7	876.204	146.0	5.3

Milling (menit)	KTK (cmol.kg <sup>-1</sup> )	AVEDEV (cmol.kg <sup>-1</sup> )	Milling (menit)	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>sus</sub>	ES	AVEDEV
0	132.6	8.2	0	7.03	6.92	0.11	0.03
5	172.3	12.1	5	6.95	6.88	0.07	0.06
10	175.8	9.8	10	6.92	6.8	0.12	0.05
20	226.2	11.2	20	6.84	6.76	0.08	0.04

Lampiran 3. Data kontrak penelitian



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS MATARAM**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
Jl. Pendidikan No.37 Mataram NTB, Tlp.(0370) 641552, 638265  
Fax.(0370) 638265, e-mail: lppm@unram.ac.id

**KONTRAK PENELITIAN**  
**SUMBER DANA DIPA BLU SKEMA PENELITIAN PENINGKATAN KAPASITAS**  
**UNIVERSITAS MATARAM**  
Tahun Anggaran 2020  
Nomor: 2754/UN18.L1/PP/2020

Pada hari ini **Senin tanggal Empat bulan Mei tahun Dua Ribu Dua Puluh**, kami y  
bertandatangani dibawah ini :

1 Muhamad Ali, Ph.D.	:	<b>Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram</b> , dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Mataram, berkedudukan di Jl Pendidikan No. 37 Mataram, untuk selanjutnya disebut <b>PIHAK PERTAMA</b> ;
2 Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D.	:	<b>Dosen Fakultas Pertanian Universitas Mataram</b> , dalam hal ini bertindak sebagai Ketua dan anggota Tim Peneliti sesuai Proposal dan Surat Rektor Nomor: <b>3767/UN18/HK/2020</b> , untuk selanjutnya disebut <b>PIHAK KEDUA</b> .

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, selanjutnya disebut **PARA PIHAK** secara bersama-sama telah sepakat untuk mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian DIPA (PNBP) Tahun Anggaran 2019 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1**

**RUANG LINGKUP KONTRAK DAN TIM PENELITI**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KETIGA** menerima pekerjaan dimaksud dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian dengan judul **"Modifikasi Sifat Mineralogi dan Fisiko-Kimia Material Tanah Vertik dengan High-Energy Ball Milling"**.
- (2) Berdasarkan Proposal yang diajukan, nama-nama Tim Peneliti dari **PIHAK KEDUA** adalah sebagai Berikut
  - 1 Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D.
  - 2 Dr. Ir. ISMAIL YASIN, M.Sc.
  - 3 BUSTAN, S.Si., M.Sc.
- (3) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas seluruh pelaksanaan, pengadministrasian dan pengelolaan keuangan serta pelaksanaan kegiatan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1)



**Pasal 2**  
**DANA PENELITIAN**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 adalah sebesar Rp. 14.500.000 (empat belas juta lima ratus ribu rupiah) sudah termasuk pajak
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada DIPA Universitas Mataram Tahun Anggaran 2020.

**Pasal 3**  
**TATA CARA PEMBAYARAN DANA PENELITIAN**

PIHAK PERTAMA akan membayarkan Dana Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) kepada PIHAK KEDUA secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

- (1) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 80% dari total dana penelitian yaitu  $80\% \times 14.500.000 = \text{Rp. } 11.600.000$  (sebelas juta enam ratus ribu rupiah), dibayarkan setelah Kontrak di tandatangani PARA PIHAK.
- (2) Pembayaran Tahap Kedua sebesar 20% dari total dana penelitian yaitu  $20\% \times 14.500.000 = \text{Rp. } 2.900.000$  (dua juta sembilan ratus ribu rupiah), dibayarkan setelah PIHAK KEDUA menyerahkan laporan akhir Pelaksanaan Penelitian beserta kelengkapan yang ditetapkan.

**Pasal 4**  
**JANGKA WAKTU**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 adalah terhitung sejak Tanggal 4 Mei 2020 dan berakhir pada Tanggal 30 November 2020.

**Pasal 5**  
**TARGET LUARAN**

- (1) PIHAK KEDUA wajib mencapai target luaran wajib dan luaran tambahan penelitian berupa:

No.	Jenis Luaran Penelitian
<b>Luaran Wajib :</b>	
a	Publikasi pada artikel ilmiah yang dimuat dalam jurnal (Accepted pada jurnal nasional ISSN, pengumpulan paling lambat 1 tahun setelah kontrak berakhir)
b	
c	
<b>Luaran Tambahan :</b>	
a	Naskah Akademik
b	

- (2) PIHAK KEDUA wajib melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada PIHAK PERTAMA

**Pasal 6**  
**HAK DAN KEWAJIBAN PARA PIHAK**

- (1) Hak dan Kewajiban PIHAK PERTAMA
  - a PIHAK PERTAMA berhak mendapatkan luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 dari PIHAK KEDUA;
  - b PIHAK PERTAMA wajib memberikan dana penelitian kepada PIHAK KEDUA dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.

- (2) Hak dan Kewajiban PIHAK KEDUA:
- PIHAK KEDUA berhak menerima dana penelitian dari PIHAK PERTAMA dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
  - PIHAK KEDUA wajib menyerahkan Luaran Penelitian dan Buku Catatan Harian Penelitian kepada PIHAK PERTAMA;
  - PIHAK KEDUA wajib bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
  - PIHAK KEDUA wajib menyampaikan laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) kepada PIHAK PERTAMA.

#### **Pasal 7**

#### **LAPORAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

- PIHAK KEDUA wajib menyampaikan kepada PIHAK PERTAMA laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh PIHAK PERTAMA yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh PIHAK PERTAMA;
- PIHAK KEDUA wajib menyampaikan Laporan Akhir sebanyak 4 (empat) eksemplar paling lambat 30 November 2020, disertai dokumen-dokumen sebagai berikut:
  - Bukti fisik luaran penelitian;
  - Laporan penggunaan keuangan penelitian 100% 2 (dua) eksemplar (dijilid);
  - Buku Catatan Harian Penelitian (*BCHP*) sebanyak 2 (dua) eksemplar (fotocopy) (dijilid); dan
  - file elektronik (format "pdf" dan "doc") Laporan Tahunan/Akhir dan (butir a, b, dan c) di atas.

#### **Pasal 8**

#### **MONITORING DAN EVALUASI**

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2020.

#### **Pasal 9**

#### **SANKSI**

- Apabila batas waktu berakhirnya masa penelitian ini PIHAK KEDUA belum menyerahkan hasil pekerjaan seluruhnya kepada PIHAK PERTAMA, maka PIHAK KEDUA dikenakan denda sebesar 1/1000 (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai setinggi-tingginya 5% (lima persen) dari nilai Surat Perjanjian initerhitung dari tanggal jatuh tempo yang telah ditetapkan (tanggal 30 November 2020).
- Apabila PIHAK KEDUA tidak menyerahkan laporan hasil penelitian dalam akhir tahun anggaran yang sedang berjalan dan waktu proses pencairan biayanya telah berakhir, maka sisa biaya yang bersangkutan, yang belum sempat dicairkan dinyatakan hangus dan dikembalikan ke BLU Universitas Mataram.
- Dalam hal PIHAK KEDUA tidak dapat memenuhi Surat Perjanjian ini hingga tanggal 31 Desember 2020, maka PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterimanya kepada PIHAK PERTAMA untuk selanjutnya disetorkan kembali dan PIHAK KEDUA dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian baik sebagai ketua maupun sebagai anggota dalam kurun waktu 2 (dua) tahun berturut-turut.

**Pasal 10**  
**PEMBATALAN PERJANJIAN**

Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan ada ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dan/atau dilakukan oleh PIHAK KEDUA, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal. PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya akan disetor ke BLU Universitas Mataram.

**Pasal 11**  
**PAJAK-PAJAK**

Segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menanggungjawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan oleh PIHAK KEDUA ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 12**  
**PERALATAN DAN/ALAT HASIL PENELITIAN**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli untuk pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Mataram sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

**Pasal 13**  
**PENYELESAIAN SENGKETA**

Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila penyelesaian secara musyawarah dan mufakat tidak tercapai, maka penyelesaian dilakukan melalui jalur hukum, dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Negeri Mataram.

**Pasal 14**  
**LAIN-LAIN**

- (1) PIHAK KEDUA menjamin bahwa penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum diatur dalam Perjanjian ini dan jika dipandang perlu untuk diatur lebih lanjut, akan dilakukan perubahan oleh PARA PIHAK dalam bentuk perjanjian tambahan (adendum) yang akan menjadi satu kesatuan dan merupakan bagian tak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

**PIHAK PERTAMA**

LPPM Universitas Mataram  
Ketua,



Muhamad Ali, Ph.D.  
NIP. 19720727 199903 1 002

**PIHAK KEDUA**

Tim Pelaksana Penelitian  
Ketua,

Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D.  
NIP. \*195810081986031003

Anggota 1,

1 Dr. Ir. ISMAIL YASIN, M.Sc.  
NIP. \*195812011981031019

Anggota 2,

2 BUSTAN, S.Si., M.Sc.  
NIP. \*197412312005011002