



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Jl. Brigjen H. Hasan Basry Kotak Pos 219 Banjarmasin 70123

Telp/Fax : (0511) 3305240

Laman : <http://lppm.ulm.ac.id>

**KONTRAK PENELITIAN**  
**Penelitian Tesis Magister**  
**Tahun Anggaran 2020**  
**Nomor : 113.1.10/UN8.2/PG/2020**

Pada hari ini **Senin** tanggal **Enam Belas** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Dua Puluh** (16-03-2020), kami yang bertandatangan dibawah ini :

**1. Prof. Dr. Ir. H. Danang Biyatmoko, M.Si** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Lambung Mangkurat, yang berkedudukan di Jl. Brigiend H. Hasan Basry Banjarmasin, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;

**2. Dr. AGUS MIRWAN S.T, M.T** : Dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2020 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Tesis Magister Tahun Anggaran 2020 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1**  
**Ruang Lingkup Kontrak**

**PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Tesis Magister Tahun Anggaran 2020 dengan judul "PEMANFAATAN KEMBALI LIMBAH LUMPUR PENGOLAHAN AIR SEBAGAI KOAGULAN MENGGUNAKAN MICROWAVE-ASSISTED LEACHING ALUMINIUM".

**Pasal 2**  
**Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan Penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 35.302.000,- (Tiga puluh lima juta tiga ratus dua ribu rupiah)** sudah termasuk pajak;
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional, Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2020, tanggal 12 November 2019.

**Pasal 3**  
**Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian**

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a. Pembayaran Tahap Pertama akan dilaksanakan secara sekaligus yakni sebesar 100% dari total dana penelitian yaitu **Rp. 35.302.000,- (Tiga puluh lima juta tiga ratus dua ribu rupiah)**, yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah revisi proposal penelitian dan membuat rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai ke Laman SIMLITABMAS, serta menandatangani Kontrak Penelitian TA 2020;
  - b. Pembayaran Tahap Kedua, dana luaran tambahan sebesar **Rp. ,- ( rupiah)**, dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian, Catatan Harian Pelaksanaan Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan paling lambat tanggal 18 September 2020;
  - c. Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** apabila luaran tambahan dinyatakan valid oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama	:	Bpk Agus Mirwan
Nomor Rekening	:	0201034191
Nama Bank	:	BNI
NPWP	:	14.828.401.1-732.000

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data penelitian, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

**Pasal 4**  
**Jangka Waktu**

**PIHAK KEDUA** harus menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada laman (*website*) SIMLITABMAS.

- (1) Catatan harian dan laporan kemajuan pelaksanaan Penelitian paling lambat tanggal 18 September 2020;
- (2) Laporan akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profile, pada tanggal 16 November 2020 (bagi penelitian tahun terakhir).

**Pasal 5**  
**Target Luaran**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian;
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian;
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk 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 untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5;
  - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
  - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
  - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian Tesis Magister dengan judul PEMANFAATAN KEMBALI LIMBAH LUMPUR PENGOLAHAN AIR SEBAGAI KOAGULAN MENGGUNAKAN MICROWAVE-ASSISTED LEACHING ALUMINIUM dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
  - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana;
  - e. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mencantumkan pemberi dana penelitian dalam Publikasi Ilmiah, Makalah, dan/atau Ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini;
  - f. Materai dan biaya lainnya yang berkaitan dengan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian ini menjadi beban **PIHAK KEDUA** sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

**Pasal 7**  
**Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan, BCHP, laporan akhir, luaran penelitian dan laporan penggunaan

anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**;

- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan, SPTB atas dana penelitian yang telah ditetapkan dan Buku Catatan Harian Penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **18 September 2020**;
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan, BCHP dan SPTB kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **21 September 2020**;
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat **16 November 2020** (bagi penelitian tahun terakhir);
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Akhir, Capaian Hasil, Poster, Artikel Ilmiah, Profil dan Laporan Penggunaan Anggaran 100% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **19 November 2020**;
- (6) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) ditulis dalam format font Times New Romans ukuran 12 spasi 1,5 kertas A4 pada bagian bawah sampul (cover) ditulis :

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional  
sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2020  
Nomor : 043/SP2H/LT/DRPM/2020

- (7) *Softcopy* laporan hasil program penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (5) harus diunggah ke laman (*website*) SIMLITABMAS sedangkan *hardcopy* harus disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

#### **Pasal 8**

##### **Monitoring dan Evaluasi**

- (1) **PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2020 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional;
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak hadir dalam kegiatan Pemonitoran dan Evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya, maka **PIHAK KEDUA** tidak berhak menerima sisa dana tahap kedua.

#### **Pasal 9**

##### **Penilaian Luaran**

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

#### **Pasal 10**

##### **Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan.

**Pasal 11**  
**Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**;
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara;
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 12**  
**Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut;
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 13**  
**Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara;
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 14**  
**Pajak-Pajak**

**PIHAK KEDUA** wajib menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa :

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%
2. Pajak – pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 15**  
**Peralatan Dan/Alat Hasil Penelitian**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Lambung Mangkurat melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).

**Pasal 16**  
**Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 17**  
**Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas 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 cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

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



**PIHAK KEDUA**

Dr. AGUS MIRWAN S.T, M.T  
NIDN 0019087603

**MENGETAHUI**  
**Dekan Fakultas Teknik**  
**Universitas Lambung Mangkurat**

**Dr. Bani Noor Mochamad, S.T., M.T.**  
**NIDN. 0030047201**

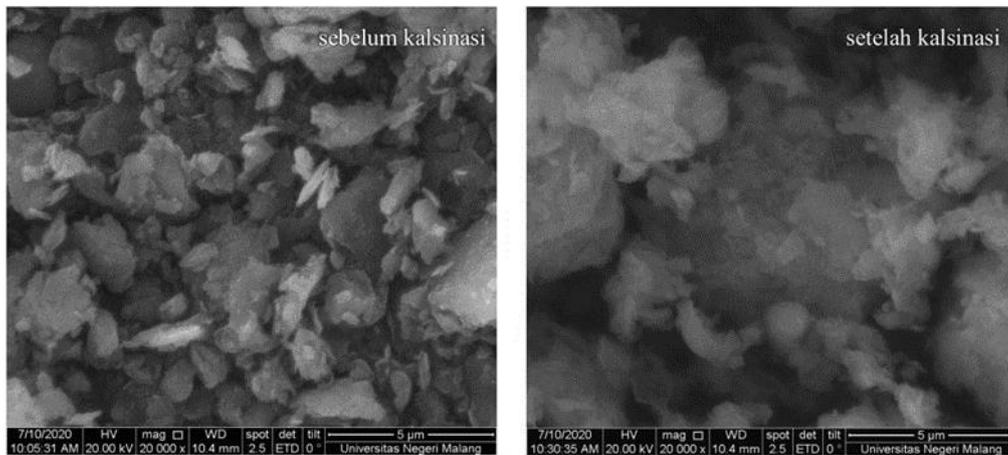
Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan sesingkat mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

### Karakterisasi LPA PDAM Banjarmasin

#### Karakterisasi SEM-EDX

LPA PDAM Banjarmasin dikarakterisasi dan dianalisis baik secara kualitatif, semi kuantitatif, dan kuantitatif menggunakan SEM-EDX dengan bantuan perangkat lunak seperti OriginPro dan ImageJ untuk mendapatkan pengamatan terkait morfologi, porositas, distribusi ukuran partikel, dan unsur-unsur penyusun bahan tersebut. Gambar 1 menunjukkan hasil pengamatan morfologi permukaan sampel LPA PDAM Banjarmasin dengan resolusi tinggi pada kondisi sebelum dan sesudah kalsinasi dengan perbesaran 20.000 kali yang ditunjukkan sebagai berikut

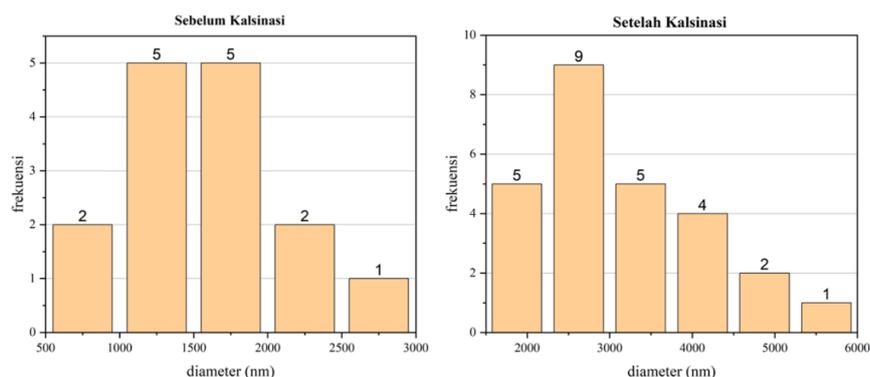


Gambar 1. Morfologi permukaan dari LPA PDAM Banjarmasin sebelum dan sesudah kalsinasi

Distribusi ukuran partikel diolah dari gambar SEM menggunakan imageJ dengan metode *freehand selection* dikarenakan dengan menggunakan metode *threshold* partikel kecil yang terdapat pada sampel menumpuk pada partikel besar sehingga menyebabkan hasil ukuran partikelnya lebih besar sehingga tidak bisa digunakan. Selain itu juga menggunakan OriginPro untuk menghasilkan grafik distribusi ukuran partikel menggunakan model *LogNormal Fit*. Adapun data rata-rata ukuran partikel dan distribusinya untuk sampel LPA PDAM Banjarmasin baik sebelum dan sesudah kalsinasi ditunjukkan oleh Tabel 1 beserta Gambar 2 sebagai berikut

Tabel 1 Rata-rata ukuran partikel sampel LPA PDAM Banjarmasin

Sebelum Kalsinasi (nm)	Sesudah Kalsinasi (nm)
1504,7118	3091,277154



Gambar 2. Perbandingan data distribusi ukuran partikel LPA PDAM Banjarmasin sebelum dan sesudah kalsinasi

Berdasarkan data yang telah diolah menggunakan ImageJ dengan metode *freehand selection*, maka diketahui bahwa rata-rata ukuran partikel setelah dilakukan proses kalsinasi menjadi lebih besar. Hal ini dibuktikan dari meningkatnya ukuran partikel dari 1504,7 nm menjadi 3091,3 nm. Hal ini dikarenakan selama proses pemanasan berlangsung terjadi pengembangan pori-pori padatan sehingga berpengaruh pada ukuran partikel. Hasil ini berdasarkan gambar SEM dengan perbesaran 20.000 kali untuk data sebelum kalsinasi dan gambar SEM dengan perbesaran 5.000 kali untuk data setelah kalsinasi. Adapun bukti terjadinya peningkatan pori-pori pada padatan sampel LPA PDAM Banjarmasin ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Data terkait pori-pori padatan berdasarkan matriks gambar SEM

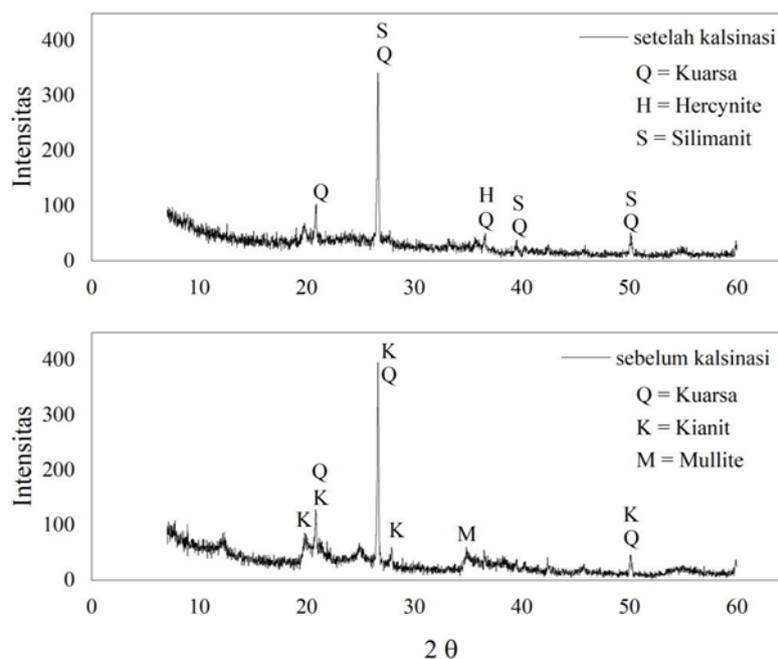
Data	Sebelum Kalsinasi	Setelah Kalsinasi
Volume total	62060090400	60518224800
Volume padatan	18108376505	15411466553
Volume pori	43951713895	45106758247
Porositas	0,708212212	0,745341728
Persentase	70,8%	74,5%

Unsur-unsur yang dominan dalam menyusun LPA PDAM Banjarmasin yaitu Al, Si, dan Fe. Ketiga unsur ini ditemukan dominan sebagai unsur penyusun LPA PDAM Banjarmasin baik sebelum dan sesudah proses kalsinasi. Adapun hasil komposisi unsur penyusunnya beserta persentasenya dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut

Tabel 3 Komposisi unsur dominan penyusun LPA PDAM Banjarmasin sebelum dan sesudah kalsinasi

Unsur Penyusun	Sebelum Kalsinasi		Sesudah Kalsinasi	
	Wt%	At%	Wt%	At%
Al	15,49	11,81	16,66	13,39
Si	23,62	17,31	23,97	18,51
Fe	7,79	2,87	9,55	3,71

Berdasarkan Tabel 3 maka dapat diketahui bahwa LPA PDAM Banjarmasin disusun oleh Al, Si, dan Fe dengan komposisi masing-masing 15,49%; 23,62%; dan 7,79% berat (sebelum kalsinasi) dan 16,66%; 23,62%; 7,79% (setelah kalsinasi). Peningkatan Fe setelah kalsinasi ditandai dengan terjadinya perubahan warna pada LPA PDAM Banjarmasin dari coklat kehitaman menjadi merah bata.



Gambar 3 Karakterisasi XRD pada LPA PDAM Banjarmasin sebelum dan sesudah kalsinasi

Kandungan senyawa mineral pada LPA PDAM Banjarmasin sebelum dan sesudah kalsinasi ditentukan secara kualitatif menggunakan karakterisasi XRD yang diolah menggunakan X'pert Highscore Plus dengan database PDF-2 *release* 2008 yang hasilnya ditunjukkan oleh Gambar 4.3. Sudut  $2\theta$  pada hasil ini berada pada kisaran  $7^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Gambar 4.3 menunjukkan fase mineral dari LPA PDAM Banjarmasin yang terdiri dari kuarsa, kyanit, dan mullite untuk sebelum kalsinasi dan kuarsa, silimanit, dan *hercynite* untuk setelah kalsinasi. Sedangkan menurut Mirwan et al. [1] fase mineral dari LPA PDAM Banjarmasin yang tidak mengalami proses kalsinasi terdiri dari kaolinit, kuarsa, hematit, dan korondum.

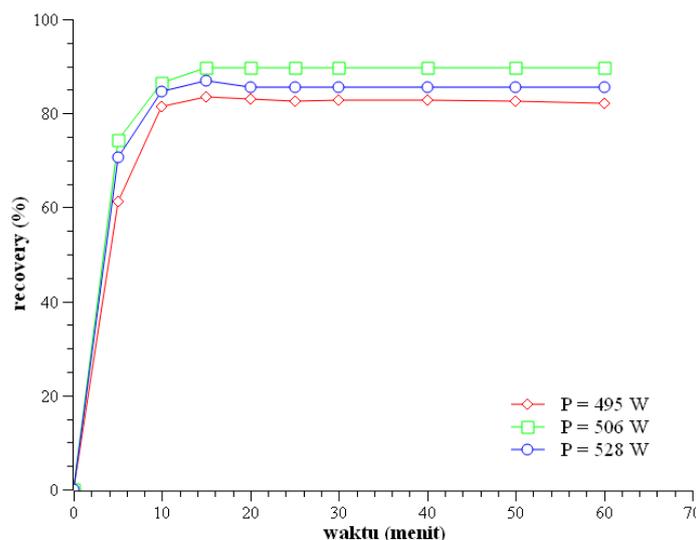
Berdasarkan database PDF-2 untuk nama mineral kuarsa (nomor pola referensi 00-046-1045) adalah senyawa silikon dioksida dengan struktur kristal heksagonal. Kyanit (nomor pola referensi 00-011-0046) adalah senyawa aluminium silikat dengan struktur kristal *anorthic*. Mullite (nomor pola referensi 00-015-0776) adalah senyawa aluminium silikat dengan struktur kristal ortorombik. Silimanit (nomor pola referensi 00-038-0471) adalah senyawa aluminium silikat dengan struktur kristal ortorombik. *Hercynite* (nomor pola referensi 00-034-0192) adalah senyawa *iron aluminum oxide* dengan struktur kristal kubus.

Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada sampel yang akan digunakan untuk penelitian ini terdapat dalam bentuk silimanit dan *hercynite*. Senyawa ini sendiri merupakan senyawa yang tersebar secara luas di alam, tidak dapat larut dalam organik cair dan air tetapi dapat larut dalam pelarut asam kuat dan alkali, dan sangat ringan. Pada suhu normal, silika oksida tidak dapat larut dalam pelarut asam, namun dapat mengubah aluminium oksida menjadi ion aluminium terlarut yang tergantung pada penggunaan pelarut asam berlebih dan suhu tinggi [1].

Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) tidak dapat bereaksi dengan asam pada suhu ruangan, hanya *solid phase amorphous* ( $Al(OH)_3$ ) yang ada pada lapisan permukaan LPA PDAM Banjarmasin yang dapat dilakukan proses *leaching* dengan metode pengasaman. Sehingga, total jumlah aluminium yang dapat diperoleh dari proses *leaching* dengan menggunakan proses pengasaman ditentukan dengan menggunakan metode standar yang dikeluarkan oleh *Taiwan Environmental Protection Administration* (NIEAR353.00C). Sampel LPA PDAM Banjarmasin dilarutkan dengan asam nitrat (1:1) dan hasil filtratnya dianalisis menggunakan ICP-OES untuk menentukan jumlah aluminium, atau Al(III), yang dapat diperoleh pada proses *leaching* dari LPA PDAM Banjarmasin pada kondisi asam. Hasil yang didapat yaitu menunjukkan bahwa sekitar 61,8 mg aluminium dapat diekstraksi dari 1 gram LPA PDAM Banjarmasin [2].

#### Pengaruh *Microwave Power* terhadap Proses *Microwave Assisted Leaching* (MAL) Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

Proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada berbagai *microwave power* (495, 506, dan 528 W) dan beberapa parameter tetap yaitu ukuran partikel sebesar 200 mesh, kecepatan pengaduk 300 rpm, *solid to liquid ratio* 0,02 gram/mL, dan suhu  $60^{\circ}C$ . Adapun proses MAL aluminium pada variasi *microwave power* ditunjukkan oleh Gambar 4. Peningkatan *microwave power* menyebabkan jumlah aluminium yang dihasilkan dari proses MAL semakin banyak. Gelombang mikro menyebabkan pemanasan dengan polarisasi dielektrik yang melibatkan polarisasi antarmuka dan dipol serta dengan konduktivitas dan *magnetic loss*. Polarisasi terjadi pada proses MAL ini dalam bentuk sistem heterogen yang menginduksi dipol dalam pelarut HCl pada proses MAL untuk menyelaraskan dengan medan listrik dengan perputaran yang bertabrakan satu sama lain menghasilkan panas pada material. Oleh karena itu, *microwave power* yang digunakan mempercepat proses pemanasan yang meningkatkan kelarutan dan laju reaksi pada proses [3].



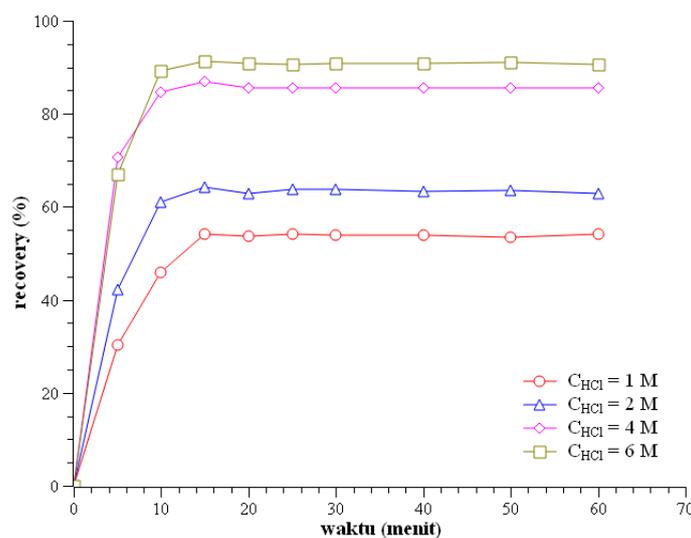
Gambar 4 Pengaruh *microwave power* terhadap %*recovery* aluminium pada berbagai rentang waktu proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

Namun ketika *microwave power* mencapai 528 W, terjadi penurunan jumlah aluminium yang dihasilkan. Hal ini disebabkan sebagian pelarut yang menguap ketika proses disebabkan gelombang mikro yang membentuk *hot spot* sehingga menyebabkan pemanasan berlebih pada pelarut dibandingkan proses pemanasan konvensional sehingga konsentrasi HCl menurun yang menyebabkan penurunan jumlah aluminium yang dihasilkan [4].

Waktu proses MAL yang dibutuhkan hingga *steady state* pada *microwave power* 495, 506, dan 528 W adalah 10 menit. Persentase *recovery* aluminium naik pada 10 menit awal dan stabil pada menit-menit selanjutnya sehingga %*recovery* aluminium yang didapatkan lebih besar dibandingkan proses *leaching* yang tidak menggunakan gelombang mikro, hal ini dikarenakan gelombang mikro membantu mempercepat laju reaksi pada proses MAL [5]. Selain itu, panas yang dihasilkan oleh gelombang mikro langsung memanaskan pelarut tanpa perlu memanaskan terlebih dahulu wadah yang digunakan pelarut seperti yang terjadi biasanya pada proses *leaching* konvensional. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses MAL yaitu pada *microwave power* 506 W dan waktu 10 menit, karena diatas 10 menit jumlah aluminium yang telah dihasilkan dari proses MAL pada sampel LPA PDAM Banjarmasin mulai relatif stabil..

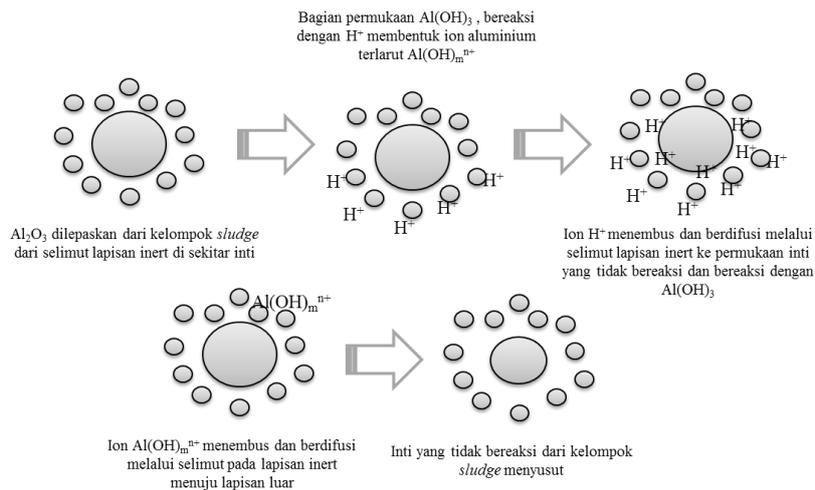
### Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Proses MAL Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

Proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada berbagai konsentrasi HCl (1, 2, 4, dan 6 M) dan beberapa parameter tetap yaitu ukuran partikel sebesar 200 mesh, kecepatan pengaduk 300 rpm, *solid to liquid ratio* 0,02 gram/mL, dan suhu 60 °C. Adapun proses MAL aluminium pada variasi konsentrasi HCl ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5 Pengaruh konsentrasi HCl terhadap %*recovery* aluminium pada berbagai rentang waktu proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

Pada waktu reaksi tertentu, %*recovery* aluminium meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi HCl. Hasil yang serupa juga didapatkan dari penelitian *leaching* konvensional LPA PDAM Banjarmasin menggunakan HCl dimana naiknya konsentrasi HCl menyebabkan kenaikan dari %*recovery* aluminium yang dihasilkan [1]. Tetapi, pada penelitian Mirwan et al. [1] menunjukkan bahwa jika konsentrasi pelarut HCl lebih besar dibandingkan 5 M maka terjadi penurunan jumlah aluminium yang dihasilkan sedangkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada penurunan jumlah aluminium yang dihasilkan ketika konsentrasi pelarut 6 M. Hal ini disebabkan gelombang mikro yang membentuk *hot spot* sehingga menyebabkan pemanasan berlebih pada pelarut dibandingkan proses pemanasan konvensional [4] sehingga konsentrasi HCl berkurang dibandingkan konsentrasi HCl sebenarnya. Hal ini dibuktikan pada Gambar 5 pada waktu 5 menit jumlah aluminium yang dihasilkan pada konsentrasi 6 M lebih sedikit dibandingkan yang 4 M. Tetapi, ketika mencapai waktu 10 menit jumlah aluminium yang dihasilkan pada konsentrasi 6 M lebih besar dibandingkan 4 M. Hal ini disebabkan belum terjadinya efek *hot spot hot spot* oleh gelombang mikro pada waktu 5 menit dan baru terbentuk pada waktu 10 menit. Mekanisme difusi antara pelarut HCl dan sampel LPA PDAM Banjarmasin yang terjadi pada saat proses MAL aluminium pada LPA PDAM Banjarmasin berlangsung ditunjukkan oleh Gambar 6.

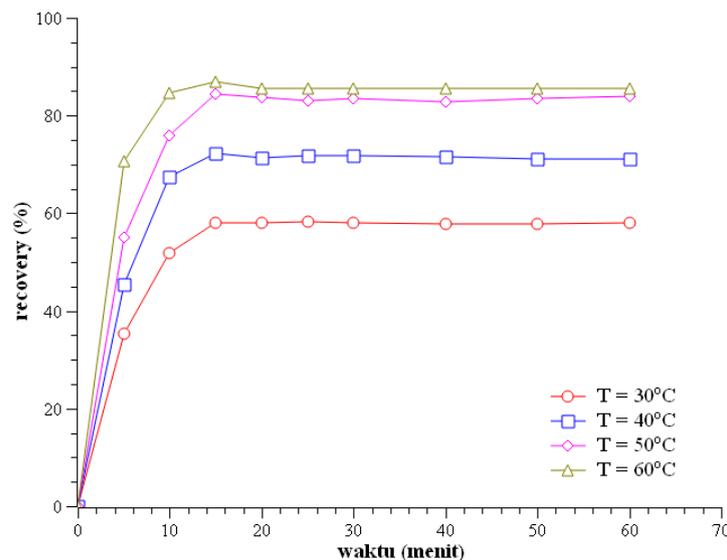


Gambar 6. Proses MAL dari LPA PDAM Banjarmasin, permukaan *sludge* pada kondisi mula-mula, lapisan inti  $\text{Al(OH)}_3$  mengandung reduksi *sludge* dan difusi ion aluminium keluar dari *sludge* menjadi tidak mudah

Waktu proses MAL yang dibutuhkan hingga *steady state* pada konsentrasi 1, 2, 4, dan 6 M adalah 15 menit. Persentase *recovery* aluminium naik pada 15 menit awal dan stabil pada menit-menit selanjutnya karena pada 15 menit awal atau pada tahap awal proses *leaching*, ion  $\text{H}^+$  dapat dengan mudah berdifusi dan menembus permukaan dari lapisan *inert* menuju inti yang belum bereaksi kemudian bereaksi dengan  $\text{Al(OH)}_3$  membentuk ion  $\text{Al(OH)}_m^{n+}$  dengan ikatan hidrogen. Ion  $\text{Al(OH)}_m^{n+}$  kemudian berdifusi dan menembus lapisan permukaan dari lapisan *inert* menuju ke lapisan permukaan dengan mudah. Sedangkan setelah 15 menit awal *%recovery* aluminium mulai stabil disebabkan terjadinya reaksi antara ion  $\text{Al(OH)}_3$  dengan  $\text{H}^+$ , inti yang belum bereaksi dari LPA PDAM Banjarmasin semakin menyusut sehingga reaksi semakin sulit terjadi, seperti pada Gambar 4.6. Peningkatan konsentrasi HCl juga menyebabkan lebih banyak tabrakan dalam sistem proses MAL, yang mengarah pada percepatan laju pemanasan dan peningkatan proses MAL. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses MAL yaitu pada konsentrasi 6 M dan waktu 15 menit, dikarenakan tinggi dan mulai stabilnya jumlah aluminium yang telah dihasilkan dari proses MAL pada sampel LPA PDAM Banjarmasin.

#### Pengaruh Suhu terhadap Proses MAL Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

Proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada berbagai suhu reaksi (30, 40, 50, dan 60 °C) dan beberapa parameter tetap yaitu ukuran partikel sebesar 200-325 mesh, kecepatan pengaduk 300 rpm, *solid to liquid ratio* 0,02 gram/mL, dan konsentrasi HCl 4 M. Adapun proses MAL aluminium pada variasi konsentrasi HCl ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh suhu terhadap *%recovery* aluminium pada berbagai rentang waktu proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

Pada waktu reaksi tertentu, laju *leaching* aluminium meningkat seiring dengan naiknya suhu. Hasil yang serupa juga didapatkan dari penelitian proses *leaching* konvensional LPA PDAM Banjarmasin dengan menggunakan HCl dimana *%recovery* aluminium meningkat seiring dengan naiknya suhu [1]. Seiring meningkatnya suhu maka *%recovery* aluminium

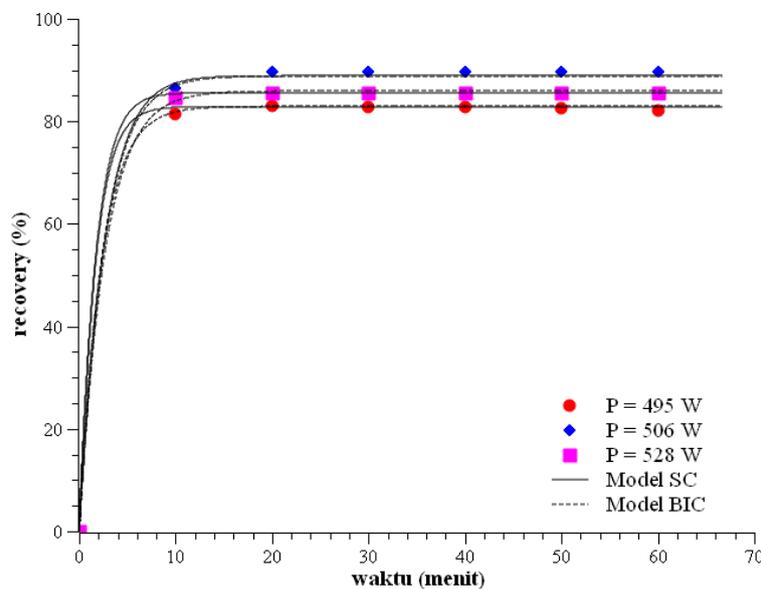
semakin meningkat. Hal ini disebabkan dengan naiknya suhu akan menyebabkan gerakan antar molekul pelarut HCl semakin cepat. Menurut Levenspiel [6] kenaikan pergerakan molekul HCl disebabkan oleh kenaikan suhu yang menyebabkan reaksi berlangsung semakin cepat, sehingga laju reaksi berbanding lurus dengan suhu proses. Kenaikan suhu juga menyebabkan pori-pori padatan mengembang sehingga memudahkan pelarut HCl untuk berdifusi masuk ke dalam partikel padatan dan melarutkan aluminium didalamnya. Menurut Zhang et al. [7] kelarutan material yang dilakukan proses MAL meningkat dengan naiknya suhu, sehingga efisiensi proses MAL semakin besar.

Pada suhu reaksi tertentu, *%recovery* aluminium meningkat seiring dengan bertambahnya waktu, namun waktu untuk proses MAL agar mencapai *steady state* terjadi pada waktu yang berbeda-beda. Pada suhu 30, 40, 50, dan 60°C, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* adalah 15 menit. Sebelum mencapai kondisi *steady state*, ion H<sup>+</sup> dapat dengan mudah berdifusi dan menembus lapisan permukaan dari lapisan *inert* menuju inti yang belum bereaksi kemudian bereaksi dengan Al(OH)<sub>3</sub> membentuk ion Al(OH)<sub>m</sub><sup>n+</sup>. Ion Al(OH)<sub>m</sub><sup>n+</sup> kemudian berdifusi dan menembus lapisan permukaan dari lapisan *inert* menuju ke lapisan permukaan dengan mudah. Namun setelah mencapai kondisi *steady state*, *%recovery* aluminium mulai stabil disebabkan terjadinya reaksi antara ion Al(OH)<sub>3</sub> dengan H<sup>+</sup>, inti yang belum bereaksi dari LPA PDAM Banjarmasin semakin menyusut sehingga reaksi semakin sulit terjadi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum untuk proses MAL berpengaduk yaitu pada suhu 60°C dan waktu 15 menit, dikarenakan tinggi dan mulai stabilnya jumlah aluminium yang telah dihasilkan dari proses MAL pada sampel LPA PDAM Banjarmasin..

### Pemodelan dan Termodinamika dari Proses MAL Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin

#### Pemodelan Proses MAL Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada Variasi *Microwave Power*

Pengaruh *microwave power* (495, 506, dan 528 W) pada *%recovery* aluminium dengan perbandingan untuk kedua model perhitungan pada ukuran partikel sebesar 200 mesh, kecepatan pengaduk 300 rpm, *solid to liquid ratio* 0,02 gram/mL, dan suhu 60°C telah dimodelkan. Data hasil *%recovery* ditunjukkan pada Gambar 8 dan Tabel 4. Persentase *recovery* aluminium meningkat seiring dengan meningkatnya *microwave power*, terutama pada *microwave power* yang lebih tinggi. Pada konsentrasi HCl yang tetap, koefisien perpindahan massa meningkat, tetapi laju reaksi pembentukan menurun dengan meningkatnya *microwave power* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Pada saat yang sama, perpindahan massa meningkat dengan meningkatnya koefisien perpindahan massa. Sehingga pelarut HCl mudah menyebar ke partikel padat yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemodelan proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada variasi *microwave power*

Tabel 4. Nilai *fitting parameter* dari model SC dan BIC untuk variasi *microwave power*.

<b>Microwave Power (P)</b> <b>(watt)</b>	<b>Shrinking Core</b>			<b>Broken and Intact Cells</b>	
	$D_e$ <b>(cm<sup>2</sup>/s)</b>	$k$ <b>(cm/s)</b>	$k_c$ <b>(cm/s)</b>	$D_e$ <b>(cm<sup>2</sup>/s)</b>	$K$ <b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>
495	0,0751	0,0880	3,2560	0,0804	0,0972
506	0,1108	0,0604	3,5560	0,0739	0,1592
528	0,0851	0,0880	3,2560	0,0709	0,1222

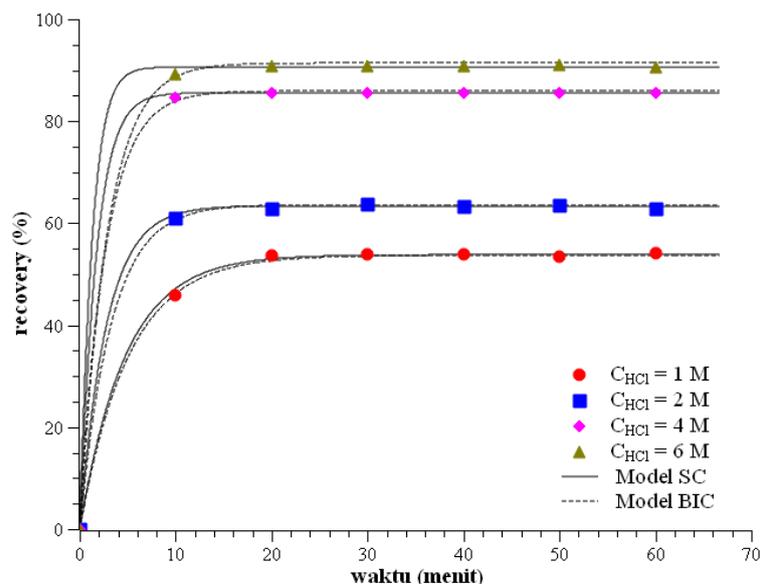
Hasil peningkatan konsentrasi aluminium dalam fase cair menunjukkan pengaruh yang positif pada proses MAL aluminium pada LPA PDAM Banjarmasin kecuali untuk *microwave power* 528 W yang ditandai dengan penurunan konsentrasi aluminium dalam fase cair. Pada kondisi ini, model SC menggambarkan data eksperimen lebih baik dengan beda nilai kesalahan yang sedikit kecil dibandingkan model BIC. Adapun hasil analisis statistik dari kedua model untuk variasi *microwave power* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai analisis statistik dari model SC dan BIC untuk variasi *microwave power*

<b>Microwave Power (P)</b> <b>(watt)</b>	<b>Shrinking Core</b>			<b>Broken and Intact Cells</b>		
	$C_{coef}$	$RMSE$	$E(\%)$	$C_{coef}$	$RMSE$	$E(\%)$
495	0,8538	0,19431	0,48152	0,85588	0,08013	0,34999
506	0,8533	0,27805	0,76895	0,85405	0,25532	0,73482
528	0,8566	0,03040	0,15555	0,85568	0,10415	0,47030

#### Pemodelan Proses MAL Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada Variasi Konsentrasi HCl

Pengaruh konsentrasi HCl (1, 2, 4, dan 6 M) pada *%recovery* aluminium dengan perbandingan untuk kedua model perhitungan pada ukuran partikel sebesar 200 mesh, kecepatan pengaduk 300 rpm, *solid to liquid ratio* 0,02 gram/mL, *microwave power* 528 W dan suhu 60°C telah dimodelkan. Data hasil pemodelan *%recovery* beserta *fitting parameter*-nya ditunjukkan oleh Gambar 9 dan Tabel 6.



Gambar 9. Pemodelan proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada variasi konsentrasi HCl

Tabel 6. Nilai *fitting parameter* dari model SC dan BIC untuk variasi konsentrasi HCl

Konsentrasi HCl ( $C_{HCl}$ )	Shrinking Core			Broken and Intact Cells	
	$D_e$	$k$	$k_c$	$D_e$	$K$
(M)	( $cm^2/s$ )	( $cm/s$ )	( $cm/s$ )	( $cm^2/s$ )	( $g/cm^3$ )
1	0,0271	0,0802	3,2860	0,0310	0,0232
2	0,0371	0,0812	3,2890	0,0510	0,0350
4	0,0851	0,0880	3,2560	0,0709	0,1222
6	0,2180	0,0812	6,2890	0,0680	0,2130

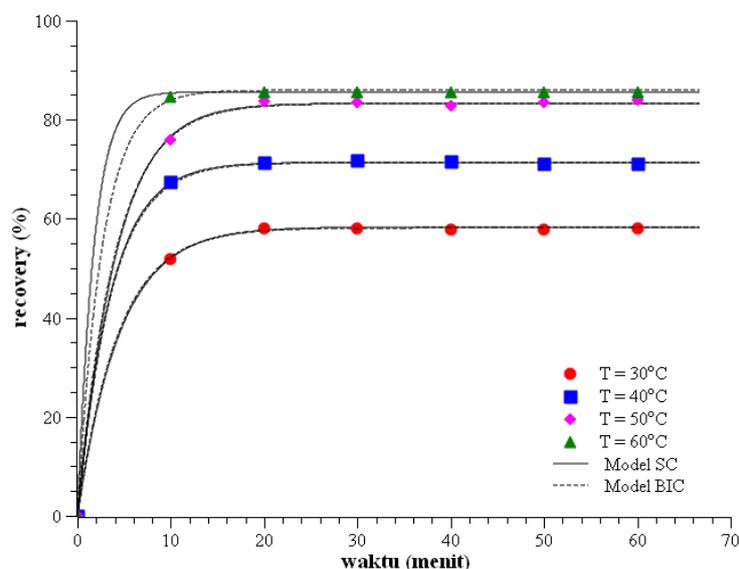
Gambar 9 menunjukkan %*recovery* aluminium meningkat dengan peningkatan konsentrasi HCl. Hal ini disebabkan peningkatan jumlah massa HCl per satuan volume untuk memasuki partikel, sehingga meningkatkan interaksi antar-molekul antara HCl dan zat terlarut, sehingga meningkatkan kelarutan zat terlarut. Untuk kondisi ini, perpindahan massa dipengaruhi oleh meningkatnya konsentrasi HCl, koefisien perpindahan mass dan difusivitas efektif. Pada variasi konsentrasi HCl, model SC lebih baik dalam menggambarkan data eksperimen dibandingkan model BIC dikarenakan memiliki nilai kesalahan yang relatif kecil. Adapun hasil analisis statistik dari kedua model untuk variasi konsentrasi HCl ditunjukkan oleh Tabel 7.

Tabel 7. Nilai analisis statistik dari model SC dan BIC untuk variasi *microwave power*

Konsentrasi HCl ( $C_{HCl}$ )	Shrinking Core			Broken and Intact Cells		
	$C_{coef}$	RMSE	E(%)	$C_{coef}$	RMSE	E(%)
1	0,3735	0,2000	0,8711	0,8134	0,1186	0,7171
2	0,8546	0,0754	0,4568	0,8559	0,0431	0,3592
4	0,8566	0,0304	0,1555	0,8556	0,1041	0,4703
6	0,8549	0,1502	0,3776	0,8552	0,1529	0,5534

### Pemodelan dan Termodinamika dari Proses MAL Aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada Variasi Suhu

Pengaruh suhu (30, 40, 50, dan 60°C) pada %*recovery* aluminium untuk kedua model pada ukuran partikel sebesar 200-325 mesh, kecepatan pengaduk 300 rpm, *solid to liquid ratio* 0,02 gram/mL, *microwave power* 528 W dan konsentrasi HCl 4 M ditunjukkan pada Gambar 10. %*recovery* aluminium meningkat dengan meningkatnya suhu. Ini bisa dipahami dari peningkatan suhu menyebabkan peningkatan difusivitas efektif. Sebagai tambahan, pada kondisi ini, terjadi peningkatan koefisien perpindahan massa zat terlarut ke pelarut. Sehingga, menyebabkan peningkatan laju proses MAL. Adapun nilai *fitting parameter* yang digunakan untuk variasi suhu ditunjukkan pada Tabel 8.



Gambar 10. Pemodelan proses MAL aluminium dari LPA PDAM Banjarmasin pada variasi suhu

Tabel 8. Nilai *fitting parameter* dari model SC dan BIC untuk variasi suhu

Suhu (T) (°C)	Shrinking Core			Broken and Intact Cells	
	$D_e$ (cm <sup>2</sup> /s)	$k$ (cm/s)	$k_c$ (cm/s)	$D_e$ (cm <sup>2</sup> /s)	$K$ (g/cm <sup>3</sup> )
30	0,0232	0,0225	2,4900	0,0370	0,0278
40	0,0358	0,0355	2,4500	0,0480	0,0498
50	0,0558	0,0363	2,3890	0,0464	0,0997
60	0,0851	0,0880	3,2560	0,0709	0,1222

Gambar 10 menunjukkan kedua model dapat menggambarkan data eksperimental. Untuk perbandingan model dengan data eksperimen, model SC lebih baik dibandingkan model BIC ditandai dengan nilai *error* yang lebih kecil. Adapun hasil analisis statistik dari kedua model untuk variasi suhu ditunjukkan oleh Tabel 9.

Tabel 4.9 Nilai analisis statistik dari model SC dan BIC untuk variasi suhu

Suhu (T) (°C)	Shrinking Core			Broken and Intact Cells		
	$C_{coef}$	RMSE	E(%)	$C_{coef}$	RMSE	E(%)
30	0,85541	0,05823	0,50519	0,85399	0,04901	0,44530
40	0,85651	0,03471	0,31073	0,85560	0,05692	0,40360
50	0,85669	0,03040	0,15555	0,85568	0,10415	0,47030
60	0,85669	0,03040	1,08888	5,98982	0,72904	3,29214

Nilai  $D_e$  yang digunakan dalam simulasi ini rata-rata sebesar 0,049975 cm<sup>2</sup>/s (model SC) berada pada rentang 10<sup>-30</sup>-10<sup>-4</sup> cm<sup>2</sup>/s untuk difusivitas pada padatan [8]. Hasil ini lebih besar dibandingkan dengan yang didapatkan oleh Mirwan et al. [2] untuk proses *leaching* konvensional sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *leaching* menggunakan bantuan gelombang mikro memperbesar difusivitas efektif sehingga meningkatkan jumlah aluminium yang didapatkan dibandingkan proses *leaching* konvensional. Selain itu, semakin meningkatnya suhu maka nilai  $D_e$  semakin meningkat dikarenakan gerakan molekul pelarut HCl yang semakin cepat dan pori-pori padatan yang semakin mengembang disebabkan kenaikan suhu sehingga memudahkan pelarut HCl untuk berdifusi dan melarutkan aluminium di dalam partikel padatan. Selain itu, berdasarkan model BIC maka dapat diketahui bahwa fraksi sel/komponen rusak (sel *broken*) pada sampel LPA PDAM Banjarmasin sebesar 0,53 sehingga semakin mempermudah terjadinya reaksi antara ion H<sup>+</sup> dengan lapisan rusak dari struktur *amorf*.

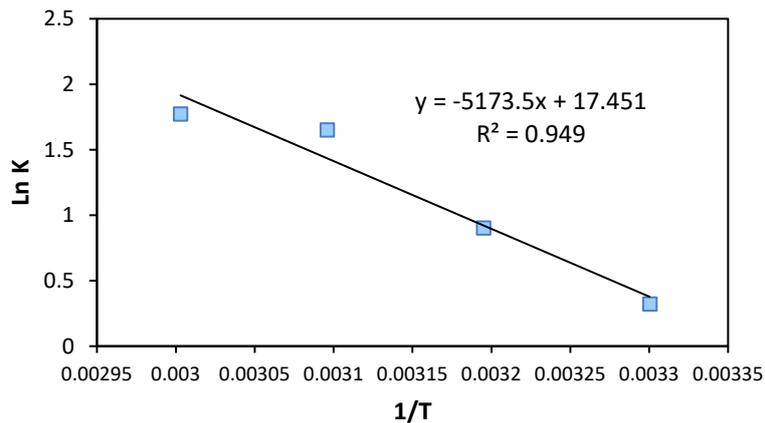
Semakin tinggi suhu menyebabkan semakin banyak kontak antara pelarut HCl dengan padatan LPA PDAM Banjarmasin sehingga perpindahan massa zat terlarut dari padatan LPA PDAM Banjarmasin menuju pelarut HCl semakin besar [9]. Adapun hubungan antara koefisien perpindahan massa antara fluida dengan partikel ( $k_c$ ) dan suhu ( $T$ ) yaitu  $k_c=10^{-9.21}.T^{2.04}$  [8]. Sedangkan hubungan antara difusivitas ( $D_e$ ) dan koefisien perpindahan massa antara fluida dengan partikel ( $k_c$ ) ditandai dengan semakin meningkatnya nilai  $D_e$  maka nilai  $k_c$  semakin meningkat yang ditunjukkan oleh persamaan berikut

$$k_c = \frac{D_e}{\delta_f}$$

Dimana  $\delta_f$  = ketebalan film,  $D_e$  = difusivitas, dan  $k_c$  = koefisien perpindahan massa. Kenaikan suhu menyebabkan pergerakan molekul pelarut HCl semakin cepat sehingga menyebabkan reaksi berlangsung semakin cepat sehingga nilai konstanta laju reaksi ( $k$ ) semakin besar. Adapun parameter termodinamika seperti  $\Delta H$ ,  $\Delta G$ , dan  $\Delta S$  didapatkan dengan melakukan regresi linier antara  $\ln K$  dan  $1/T$  yang mana  $K$  didapatkan dari perbandingan jumlah aluminium yang telah diperoleh dengan jumlah aluminium yang tersisa. Adapun hasil dari parameter termodinamika yang telah didapatkan dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 11.

Tabel 10. Perhitungan termodinamika pada proses MAL untuk semua suhu dengan waktu 60 menit

Suhu (°C)	K	ln K	1/T (1/Kelvin)	ΔH (J/mol)	ΔG (J/mol)	ΔS (J/mol.K)
30	1,3792	0,3215	0,0033	424,227	1,430982	-9,360546
40	2,4675	0,9032	0,0032			-23,67037
50	5,2126	1,6511	0,0031			-37,98019
60	5,8877	1,7729	0,0030			-52,29001



Gambar 11. Hubungan regresi linier antara ln K dan 1/T

Berdasarkan nilai  $\Delta H$  dapat diketahui bahwa pada proses MAL terjadi reaksi endoterm yang mana sistem menyerap kalor dari lingkungan sehingga nilai  $\Delta H$  bernilai  $+424,227$  J/mol. Sedangkan reaksi terjadi tidak spontan ditandai dengan energi *Gibbs* lebih dari satu. Nilai entropi negatif menunjukkan terjadinya penurunan entropi pada lingkungan karena pada sistem terjadi reaksi endoterm.

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian luaran

Luaran yang dihasilkan berupa artikel yang diseminarkan secara daring pada *International Conference on Science in Engineering and Technology* (ICoSiET) 21-22 Oktober 2020 di Universitas Tadulako Palu, Indonesia dan dipublikasikan pada *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (MSE) terindeks Scopus.

Sedangkan luaran yang berupa artikel jurnal yang akan dipublikasikan di jurnal internasional bereputasi masih dalam tahap finalisasi draft artikelnya. Dalam tahun 2021 ini akan di submit ke *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* (MJFAS) terindeks Clarivate Analytics (Web of Science, WoS) dan Scopus.

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

.....  
 .....

.....  
.....  
.....

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Hambatan dalam penelitian ini sama saat disampaikan laporan kemajuan dimana kesulitan melakukan pengujian kandungan aluminium menggunakan analisis ICP-EOS karena beberapa lembaga pengujian yang memiliki alat tersebut berhenti sementara melakukan pengujian pada masa pandemik Covid 19 ini sehingga hasil pengujian yang didapatkan memakan waktu yang lama. Selain itu, terkendala juga pada alat microwave yang akan dimodifikasi sesuai metode yang dilakukan karena juga terdampak pandemik Covid 19. Hambatan ini sudah pasti juga berdampak pada luaran wajib yang dijanjikan berupa artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi.

**G. RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN:** Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Rencana selanjutnya mengaplikasikan koagulan yang didapatkan pada air sungai dengan mempelajari pengaruhnya terhadap kekeruhan, pH, dan TSS serta membandingkan koagulan yang didapatkan dengan koagulan yang ada dipasaran. Tahapan akhir yaitu penyelesaian/finishing draft artikel yang akan dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi sesuai dengan luaran yang dijanjikan yang akan disubmitt pada tahun 2021 ini.

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] A. Mirwan, M. D. Putra, J.-C. Liu, Susianto, A. Altway, and R. Handogo, 'Aluminum leaching from water treatment sludge using hydrochloric acid and kinetic study', *Environ Sci Pollut Res*, vol. 27, no. 20, pp. 25553–25562, Jul. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-08922-x.
- [2] A. Mirwan, Susianto, A. Altway, and R. Handogo, 'A Modified Shrinking Core Model for Leaching of Aluminum from Sludge Solid Waste of Drinking Water Treatment', *IJTech - International Journal of Technology*, Accessed: Apr. 15, 2021. [Online]. Available: <https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/40>.
- [3] V. Madakaruppan, A. Pius, S. T., N. Giri, and C. Sarbajna, 'Influence of microwaves on the leaching kinetics of uraninite from a low grade ore in dilute sulfuric acid', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 313, pp. 9–17, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.03.050.
- [4] R. Al-Gaashani, S. Radiman, N. Tabet, and A. R. Daud, 'Effect of microwave power on the morphology and optical property of zinc oxide nano-structures prepared via a microwave-assisted aqueous solution method', *Materials Chemistry and Physics*, vol. 125, no. 3, pp. 846–852, Feb. 2011, doi: 10.1016/j.matchemphys.2010.09.038.
- [5] M. Mahlinda, L. Maurina, and E. Ellysa, 'Pengaruh daya gelombang mikro terhadap rendemen, mutu dan komponen biodiesel dari biji kemiri yang diproses secara transesterifikasi in situ', *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, vol. 14, no. 1, Art. no. 1, Jul. 2019, doi: 10.33104/jihp.v14i1.5048.
- [6] O. Levenspiel, 'Chemical Reaction Engineering', *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 38, no. 11, pp. 4140–4143, Nov. 1999, doi: 10.1021/ie990488g.
- [7] Z.-Y. Zhang, J.-G. Yu, and X.-C. Qiao, 'Aluminum release from microwave-assisted reaction of coal fly ash with calcium carbonate', *Fuel Processing Technology*, 2015, Accessed: Apr. 15, 2021. [Online]. Available: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201700141062>.
- [8] C. Geankoplis, *Transport Processes and Separation Process Principles*, 4th edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2003.
- [9] R. E. Treybal, *Mass Transfer Operations*, 3rd edition. Mc Graw Hill India, 2012.