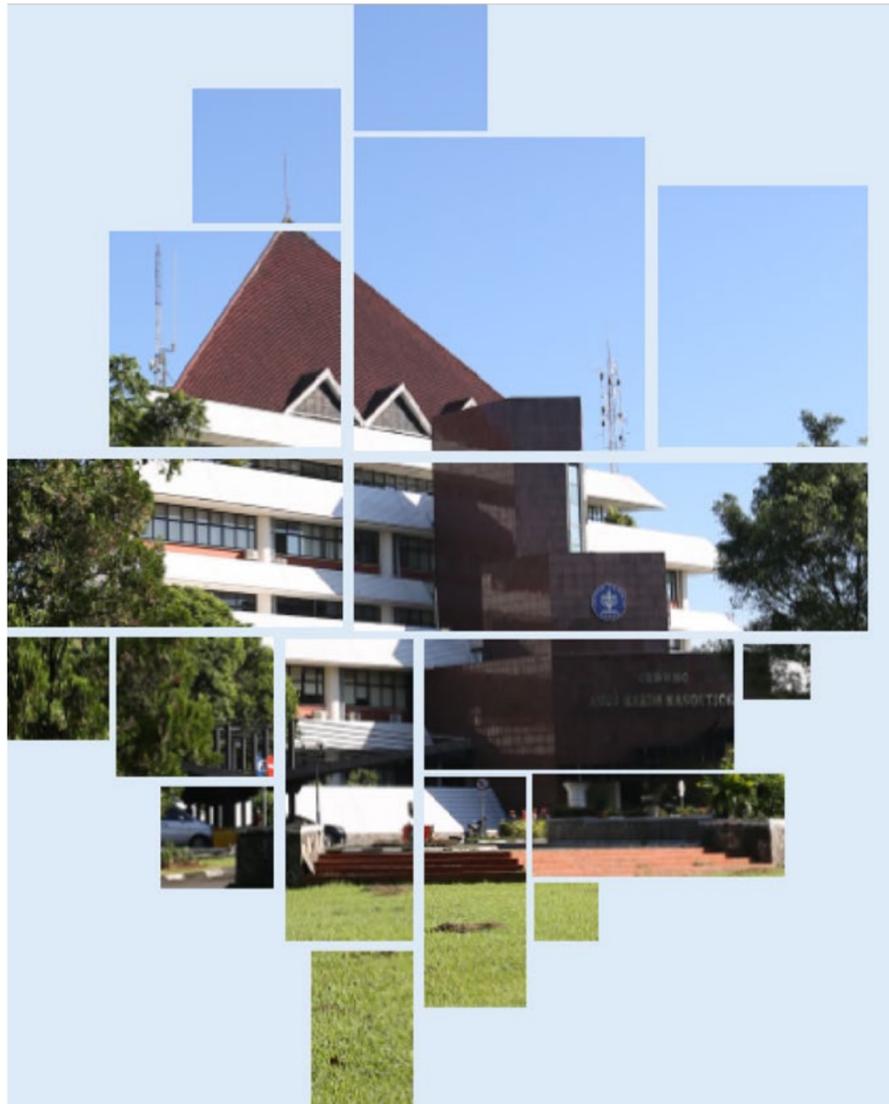




IPB University
— Bogor Indonesia —



Mempercepat proses pengolahan limbah POME dengan teknologi *Plasma Finebubbles*



Oleh:

- Prof Dr Ir Y Aris Purwanto, M.Sc (IPB University)
- Dr. Anto Tri Sugiarto, M.Eng (BRIN)

Pendahuluan

Palm oil mill effluent (POME) adalah limbah organik berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menjadi *crude palm oil* (CPO) .

POME berwarna kecoklatan, terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan COD dan BOD tinggi 68.000ppm dan 27.000ppm, bersifat asam (pH nya 3,5 - 4), terdiri dari 95% air, 4-5% bahan-bahan terlarut dan tersuspensi (selulosa, protein, lemak) dan 0,5-1% residu minyak yang sebagian besar berupa emulsi (bahkan 1.5-2.5% tergantung dari kondisi mesin pengolahan).

Pengolahan air limbah memerlukan waktu sekitar 180 hari di kolam IPAL sampai air limbah sesuai baku mutu sebagai air limbah yang dapat dialirkan ke pembuangan/sungai

Tabel 1. Baku mutu air limbah pabrik kelapa sawit

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
Nitrogen Total (sebagai N)	50	0,125
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah paling Tinggi	2,5 m ² per ton produk minyak sawit (CPO)	

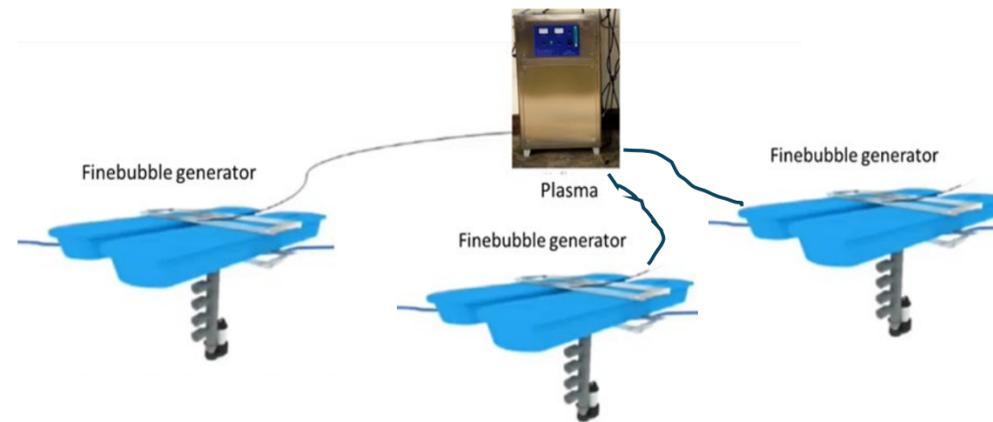
Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014

Tabel 2. Waktu pengolahan POME

Pond	HRT/ WPH Hari	Effluent COD level mg/l
Limbah (fat pit)/ cooling	5-10	50.000-70.000
Kolam Pengasaman	5-10	50.000-70.000
Kolam anaerobik Primer & sekunder	70-80	8.000-10.000
Pengendapan (Fakultative)	35-40	4.000-5.000
Kolam Aerobic	30-40	<1000
Kolam Pengendapan (Final Sediment)	35-40	<350
Total	+/- 180 hari	

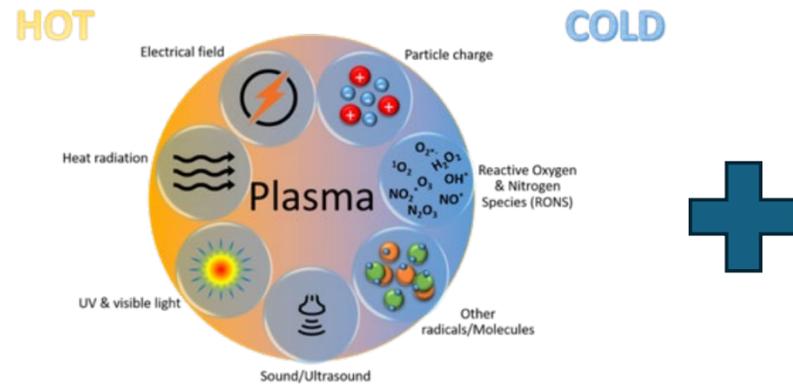
Tujuan riset

- Mempercepat proses pengolahan limbah cair POME sesuai dengan baku mutu atau untuk penerapan lainnya
- Meningkatkan efisiensi pengolahan limbah cair POME
- Mengurangi jumlah penggunaan kolam IPAL



Justifikasi riset

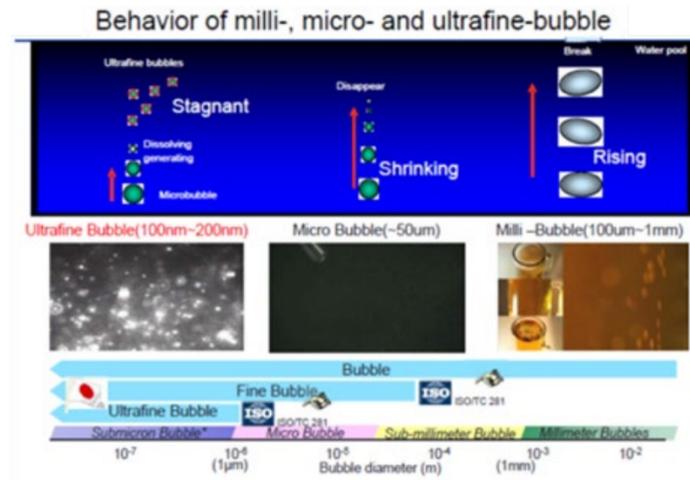
Plasma



Plasma adalah teknologi yang dapat menghasilkan zat ke empat (ion)

Plasma dapat dibuat di dalam cairan dan menghasilkan sinar UV, *shockwave*, spesies aktif (OH, O, H, H₂O₂), termal serta ion yang memecah ikatan molekul menjadi radikal bebas seperti **gugus hidroksil** atau **ozon**.

Finebubbles



Teknologi *finebubbles* yang dapat menghasilkan gelembung yang sangat kecil dengan konsentrasi yang tinggi dan dapat bertahan lama di air

Plasma Finebubbles



Teknologi *finebubbles* menginjeksikan ke dalam air sehingga ozon dalam konsentrasi tinggi dapat bertahan lama di air

- Inovasi *Plasma Finebubbles* dikembangkan dari hasil riset yang telah dipatentkan:
- air berozon (No. ID P0025350),
 - alat penghasil gelembung micro-nano (P000071125),
 - unit pengolah air baku menjadi air siap minum menggunakan nanobubble ozon (S00202105270),
 - *ozone finebubble water* untuk pengurangan residu pestisida (S00202110092).

Oxidizing agent	Electrochemical oxidation potential (EOP, V)	EOP relative to Chlorine
Fluorine	3.06	2.25
Hydroxyl radical • OH	2.80	2.05
Oxygen (atomic) • O	2.42	1.78
Ozone O ₃	2.08	1.52
Hydrogen peroxide	1.78	1.30
Hypochlorite	1.49	1.10
Chlorine	1.36	1.00
Chlorine dioxide	1.27	0.93
Oxygen (molecular)	1.23	0.90

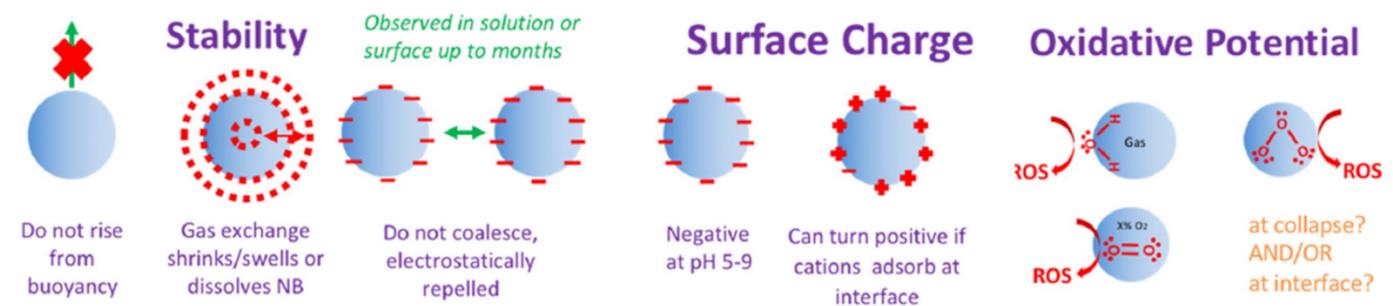
Justifikasi riset

Plasma yang menghasilkan gas ozon banyak digunakan untuk pengolahan limbah cair. Gas ozon mempunyai sifat oksidator yang kuat (Tripathi and Husain, 2022; Al-Amshawee et al. 2022)

Ozonasi terjadi melalui reaksi langsung molekul ozon dengan senyawa target atau melalui radikal hidroksil yang dihasilkan dari dekomposisi ozon di media cairan. Radikal hidroksil adalah oksidan sekunder kuat yang dihasilkan sebagai konsekuensinya dekomposisi ozon dalam air (Rodríguez et al. 2008)

Plasma Finebubbles adalah gabungan dari teknologi plasma dan finebubble. Teknologi *Plasma Finebubbles* menghasilkan gelembung yang sangat kecil yang berisi gas ozon yang bersifat sangat radikal dengan konsentrasi yang tinggi dan dapat bertahan lama di air. atif yang bersifat sangat radikal. Keberadaan gas ozon dalam bentuk gelembung halus yang terlarut di air dan dapat bertahan lebih lama memungkinkan proses penguraian bahan organik dalam limbah POME dapat berlangsung secara lebih efektif dan efisien (Purwanto et al. 2022, 2023)

Finebubbles mengacu pada gelembung berukuran nanometer hingga mikrometer di dalam media cair, mempunyai sifat yang unik stabil dalam jangka waktu yang lama, permukaan bermuatan negatif, kemampuan untuk menghasilkan spesies oksigen reaktif (Zhou et al. 2022)

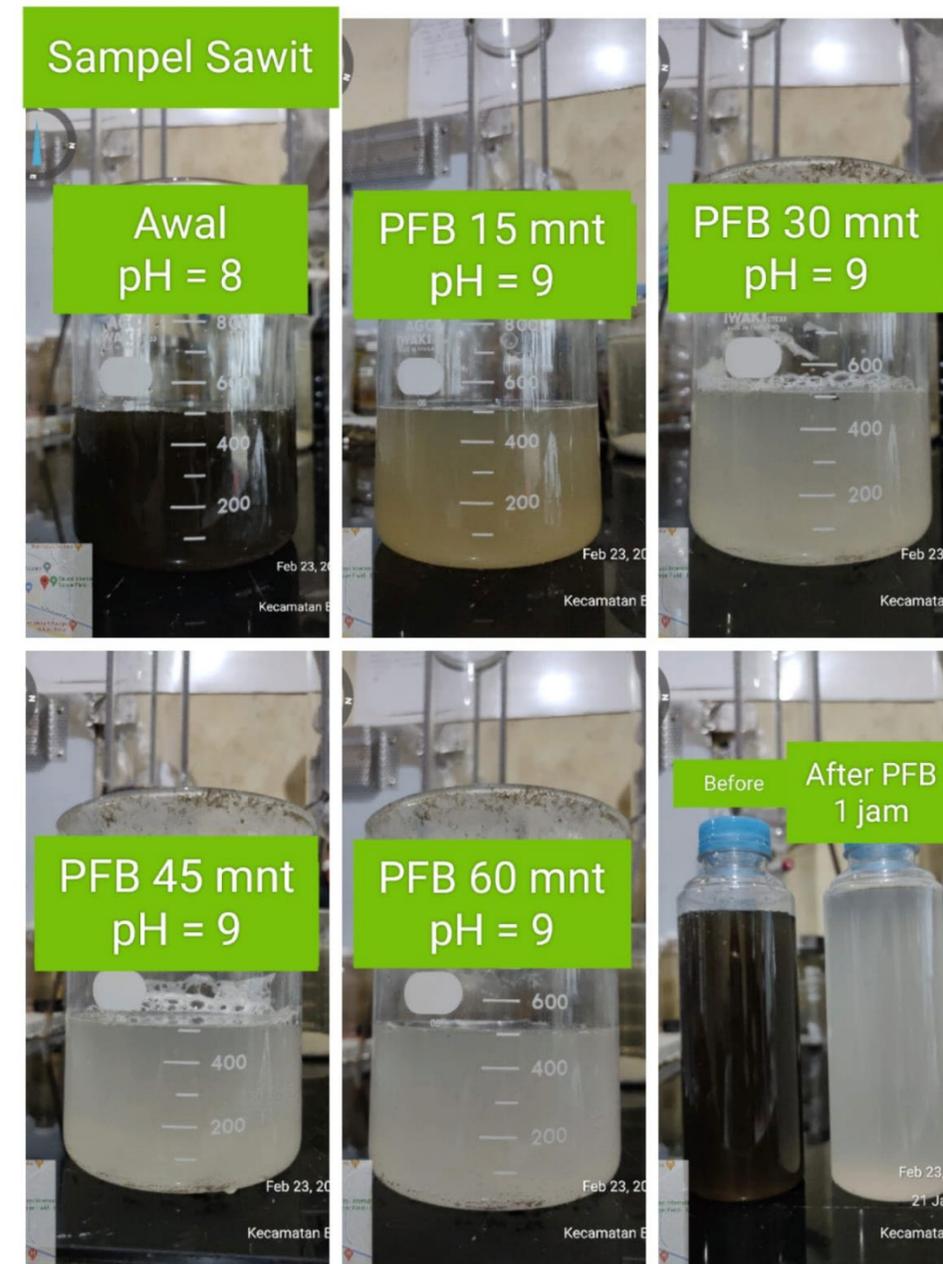


(Atkinson et al. 2019)

Penerapan teknologi *Plasma Finebubbles* pengolahan limbah POME pada prinsipnya merupakan penerapan metode oksidasi tingkat lanjut yang memanfaatkan *free radical (Hydroxyl radicals)* yang diproduksi oleh generator *Plasma Finebubbles*

Justifikasi riset

- *Plasma Finebubbles* sudah diujicobakan untuk pengolahan limbah seperti tambak udang, untuk membersihkan danau.
- Tingkat Kesiapterapan Teknologi sudah mencapai 5



Pengujian sampel POME dari kolam fakultatif (setelah kolam anaerob) skala laboratorium

Pengujian plasma finebubble untuk kolam IPAL tambak udang

Big Picture riset



Rencana kegiatan

Kegiatan penelitian diusulkan 6 bulan, dengan tahapan meliputi perancangan prototipe *Plasma Finebubbles*, pembuatan prototipe, pengujian kinerja dan pengukuran sampel limbah POME.

Tabel 3. Rencana pelaksanaan kegiatan

No	Pelaksanaan kegiatan	Bulan					
		Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt
1	Persiapan dan koordinasi kegiatan	XX					
2	Perancangan prototipe plasma finebubbles	XX	XX				
3	Pembuatan prototipe plasma finebubbles		XX	XXXX			
4	Pengujian kinerja prototipe dan evaluasi				XXXX		
5	Pengambilan sampel dan pengamatan lapang penanganan limbah POME					XXXX	
6	Pengukuran dan analisis laboratorium sampel					XXXX	XX
7	Penyusunan laporan dan presentasi						XXXX

Rencana Anggaran Biaya

Jumlah anggaran biaya yang diusulkan adalah **Rp. 278.200.000** (*Dua ratus tujuh puluh delapan juta dua ratus ribu rupiah*) yang dialokasikan untuk honorarium peneliti, pembelian bahan prototipe, biaya jasa pembuatan dan analisis laboratorium serta transportasi)

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya

No	Rincian	Sat	Qty	Biaya (Rp)	Total (Rp)
1	Honorarium				66.000.000
	Ketua	Orang Bulan	6	5.000.000	30.000.000
	Anggota	Orang Bulan	6	3.500.000	21.000.000
	Asisten peneliti	Orang Bulan	6	2.500.000	15.000.000
2	Bahan				100.000.000
	Bahan pembuatan prototipe plasma generator	Unit	1	70.000.000	70.000.000
	Bahan pembuatan prototipe finebubbles generator	Unit	1	25.000.000	25.000.000
	Peralatan sampling limbah POME	Unit	1	5.000.000	5.000.000
3	Biaya Jasa				56.200.000
	Pembuatan prototipe	Paket	1	25.000.000	25.000.000
	Pengujian sampel di laboratorium (BOD, COD, TDS)	Sampel	20	1.200.000	24.000.000
	Pengujian bubbles size	Sampel	6	1.200.000	7.200.000
4	Transportasi				56.000.000
	Perjalanan ke workshop (Bogor-Sumedang) (Tim peneliti)	Orang Kali	4	4.000.000	16.000.000
	Perjalanan ke PKS di sekitar bogor untuk pengambilan sampel POME (Tim peneliti)	Orang Kali	4	4.000.000	16.000.000
	Transport lokal	Orang Kali	10	150.000	1.500.000
	Perjalanan ke lokasi PT BGA di Kalimantan (Tim peneliti)	Orang Kali	3	7.500.000	22.500.000
	Total				278.200.000

Cost & Benefit

a. Finansial

Perkiraan *cost & benefit* dengan asumsi kapasitas PKS 60 ton/jam, umur teknis generator *plasma finebubbles* 10 tahun

1. Investasi pengolahan limbah POME konvensional
 - a. Biaya Operasional (tenaga kerja, bahan bakar solar, pengerukan, pengangkutan, Listrik, perawatan 9 kolam kolam, aerator, analisis lab) Rp. 394.020.000
 - b. Biaya tetap (lahan, pembuatan 9 kolam, instalasi, aerator, pompa) = Rp. 8.976.919.000

2. Investasi pengolahan limbah dengan *Plasma Finebubbles*
 - a. Biaya Operasional (tenaga kerja, bahan bakar solar, pengerukan, pengangkutan, Listrik, perawatan 6 kolam, aerator, analisis lab) Rp. 306.156.960
 - b. Biaya tetap (lahan, pembuatan 6 kolam, instalasi, aerator, pompa) = Rp. 6.907.999.000

b. Non Finansial

1. Penggunaan *Plasma Finebubbles* mempercepat proses pengolahan limbah POME, sehingga tidak perlu sampai 180 hari
2. *Plasma Finebubbles* dapat mengurangi jumlah kolam IPAL sehingga lebih efisien
3. Air limbah dari pengolahan menggunakan *plasma finebubbles* berpotensi untuk digunakan kembali sebagai air baku untuk *boiler* setelah dilakukan proses lanjutan (Sistem Resirkulasi)

Cost & Benefit

a. Konvensional

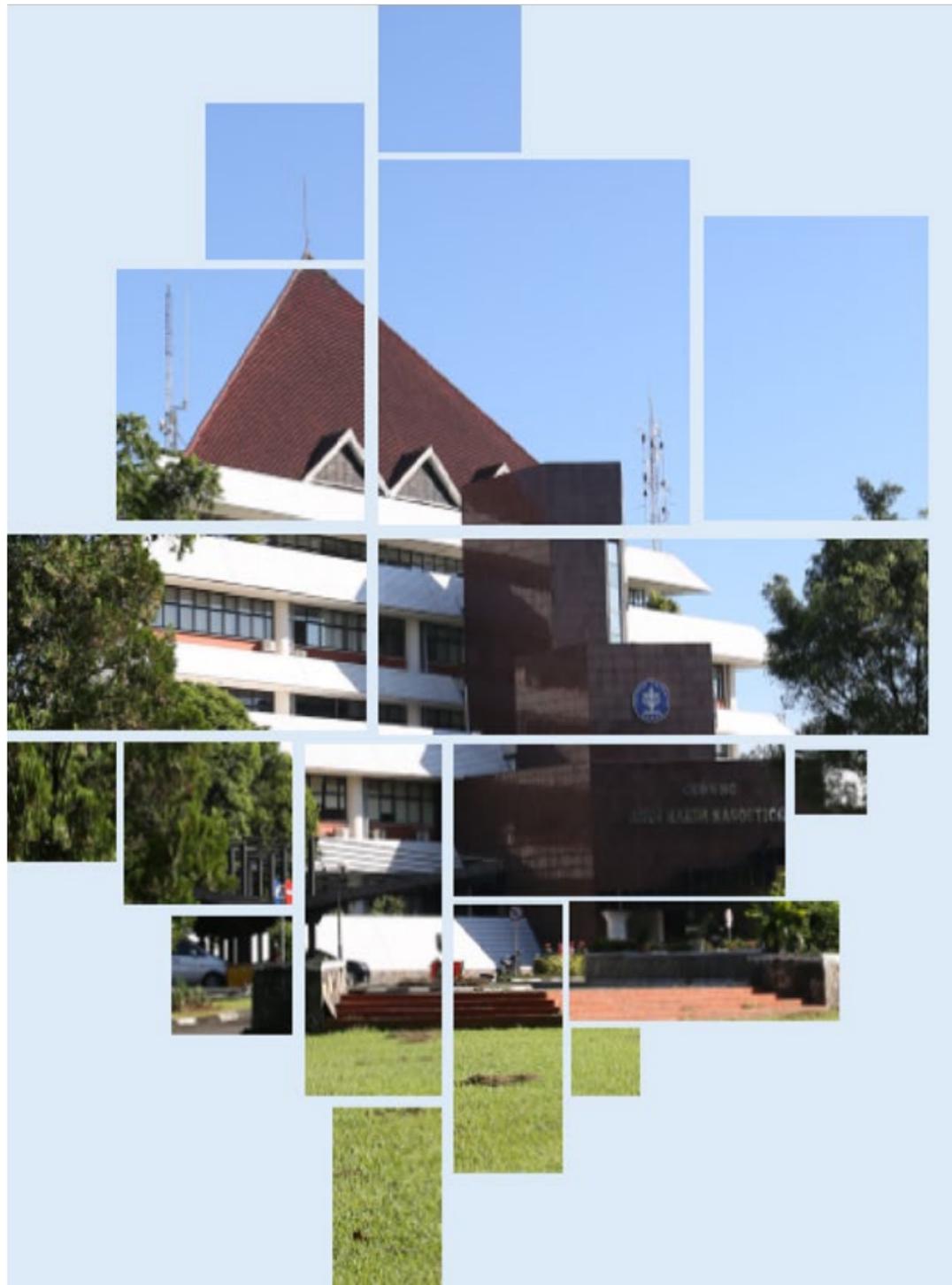
Biaya operasional dan investasi per tahun
Rp. 107.642.658

b. *Plasma Finebubbles*

Biaya operasional dan investasi per tahun
Rp. 83.079.739



IPB University
— Bogor Indonesia —



*Thank
you*

