

**DOKUMEN PERHITUNGAN TKT
DAN BUKTI UJI AKHIR**

**TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI 5 MENUJU 6
BIDANG PERTANIAN**

**PROTOTIPE ALAT PEMUPUKAN MULTIFUNGSI
SISTEM TEBAR-TUTUP UNTUK PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT RAKYAT**

Identitas	Keterangan
Institusi	Institut Teknologi Sawit Indonesia
Ketua tim	Sakiah, S.P., M.P. / NIDN 0105037902
Anggota tim	Dina Arfianti Saragih, S.P., M.Sc. — NIDN 0127118601 Saroa Manurung, S.ST., M.P. — NIDN 0121038604
Lokasi uji	Perkebunan kelapa sawit rakyat, Laut Tador, Kecamatan Laut Tador, Kabupaten Batu Bara, Sumatera Utara
TKT awal	Level 5
Target dan batas atas	Level 6
Tahun pengujian	2026

**PROGRAM INI DIDANAI OLEH KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, RISET
DAN TEKNOLOGI-REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2026**

**INSTITUT TEKNOLOGI SAWIT INDONESIA
MEDAN, 2026**

I. DASAR DAN HASIL PERHITUNGAN TKT

Dokumen ini menyajikan bukti uji akhir peningkatan prototipe dari TKT 5 menuju TKT 6. Penilaian dibatasi pada pembuktian prototipe dalam lingkungan pertanian yang relevan dan tidak digunakan untuk menyatakan kesiapan produksi massal.

Metode perhitungan:

Capaian indikator = $(\text{nilai bukti} / \text{nilai maksimum}) \times 100\%$. Nilai akhir TKT 6 = jumlah (bobot indikator $\times$ capaian indikator).

Ambang kelulusan yang digunakan adalah nilai akhir sekurang-kurangnya 80% dan seluruh indikator utama memiliki bukti uji yang dapat ditelusuri.

No	Indikator pengujian TKT 6	Bobot	Capaian	Kontribusi	Status
1	Persyaratan teknologi diketahui pada kondisi operasi yang relevan	25%	100%	25,00	LOLOS
2	Prototipe diuji pada lingkungan operasional relevan dengan data sesuai rancangan uji	25%	80%	20,00	LOLOS
3	Hasil uji membuktikan kelayakan teknis prototipe pada tingkat demonstrasi	25%	100%	25,00	LOLOS
4	Analisis ekonomi awal tersedia untuk penerapan terbatas tingkat petani	25%	100%	25,00	LOLOS
	NILAI AKHIR TKT 6	100%		95,00	TERPENUHI

HASIL PERHITUNGAN

Nilai akhir 95,00%. Keempat indikator dinyatakan lolos. Dengan demikian, prototipe yang pada awal kegiatan berada pada TKT 5 dinyatakan memenuhi TKT 6: prototipe telah didemonstrasikan dan diuji pada lingkungan pertanian yang relevan.

II. BUKTI UJI INDIKATOR 1

Indikator 1 — Persyaratan teknologi diketahui pada kondisi operasi yang relevan

Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian dan Bukti
Identifikasi kebutuhan pemupukan kelapa sawit rakyat.	Masalah pengguna, lingkungan kerja, dan fungsi alat dirumuskan.	[✓] Berhasil. Kebutuhan yang dibuktikan meliputi penakaran lebih konsisten, pembukaan tanah, penebaran, dan penutupan pupuk dalam satu lintasan kerja. Bukti: blueprint dan laporan pengujian.
Verifikasi prinsip kerja dan konfigurasi komponen.	Tangki, saluran gravitasi, penakar, pembuka alur, penabur, dan penutup membentuk satu sistem manual.	[✓] Berhasil. Seluruh subsistem terdapat pada prototipe acuan TKT 5 dan dapat dioperasikan oleh satu pengguna tanpa sumber energi eksternal.
Verifikasi material dan metode pabrikasi prototipe.	Bahan, ukuran, sambungan, dan rakitan dapat ditelusuri.	[✓] Berhasil. Spesifikasi konstruksi dan gambar rakitan tersedia dalam blueprint sebagai dasar pemeriksaan bentuk, dimensi, dan hubungan antarbagian.
Penetapan kondisi operasi pengujian.	Kondisi kebun rakyat, pupuk granular, operator, dan urutan kerja ditetapkan.	[✓] Berhasil. Pengujian dilaksanakan pada perkebunan rakyat di Laut Tador dan menggunakan konfigurasi prototipe yang sama untuk pengukuran fungsi serta kinerja.

STATUS INDIKATOR: LOLOS

Capaian bukti 100% dengan kontribusi tertimbang 25.00 poin dari bobot 25%. Bukti menunjukkan pemenuhan indikator pada batas TKT 6.



Prototipe acuan TKT 5 yang digunakan dalam pengujian lapangan.

III. BUKTI UJI INDIKATOR 2

Indikator 2 — Prototipe diuji pada lingkungan operasional relevan

Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian dan Bukti
Pengoperasian prototipe di kebun kelapa sawit rakyat.	Alat dapat dibawa, diarahkan, dan menjalankan urutan buka–takar–tebar–tutup.	[✓] Berhasil. Demonstrasi dilakukan pada lingkungan perkebunan rakyat yang mewakili kondisi penggunaan teknologi oleh petani.
Pengukuran fungsi utama.	Aliran pupuk, pembukaan tanah, penutupan, dan kemudahan operasi terukur.	[✓] Berhasil. Skor rata-rata: aliran 3,71; pembukaan tanah 4,34; penutupan 2,87; kemudahan pengoperasian 3,44.
Pengukuran kinerja operasional.	Waktu kerja, kapasitas, dan kejadian penyumbatan tercatat.	[✓] Berhasil. Rata-rata 133,16 detik/pohon, 24,22 pohon/jam, dan 3,44 kejadian penyumbatan pada rangkaian pengamatan.
Pembandingan dengan cara manual.	Mutu penempatan dan produktivitas kerja dapat dibandingkan.	[✓] Berhasil. Pupuk tertutup rata-rata 44,00% pada prototipe dan 1,88% pada cara manual. Kapasitas manual tercatat 150,34 pohon/jam.
Pemeriksaan keterlacakan data.	Instrumen, rekap, dokumentasi, dan lokasi pengujian tersedia.	[✓] Berhasil. Logbook, lembar observasi, rekap data, dokumentasi, dan berita acara tercantum dalam register administrasi sebagai satu paket bukti pengujian.

STATUS INDIKATOR: LOLOS

Capaian bukti 80% dengan kontribusi tertimbang 20.00 poin dari bobot 25%. Bukti menunjukkan pemenuhan indikator pada batas TKT 6.

Nilai 80% diberikan karena bukti pengujian relevan dan data kinerja telah tersedia pada satu lokasi serta satu konfigurasi prototipe.

IV. BUKTI UJI INDIKATOR 3

Indikator 3 — Hasil uji membuktikan kelayakan teknis prototipe

Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian dan Bukti
Uji urutan fungsi terintegrasi.	Pupuk dapat ditakar, ditempatkan pada alur, dan ditutup dalam satu lintasan.	[✓] Berhasil. Integrasi fungsi terbukti bekerja pada demonstrasi lapangan dan menjadi pembeda utama terhadap penebaran manual di permukaan.
Uji mutu penempatan pupuk.	Porsi pupuk yang terlindungi tanah meningkat dibanding cara manual.	[✓] Berhasil. Prototipe menutup 44,00% pupuk; cara manual 1,88%. Hasil membuktikan manfaat teknis sekaligus menunjukkan kebutuhan peningkatan efektivitas elemen penutup.
Uji konsistensi dosis menurut pengguna.	Pengguna menilai penakaran lebih konsisten.	[✓] Berhasil. Skor konsistensi dosis 3,78; sebanyak 37 dari 40 pengguna menilai prototipe lebih konsisten daripada cara manual.
Uji penerimaan pengguna.	Fungsi utama dipahami dan terdapat minat penggunaan setelah penyempurnaan.	[✓] Berhasil. Skor fungsi utama 3,48 dan minat 3,50; 18 dari 40 pengguna memilih prototipe pada konfigurasi uji.
Identifikasi batas kinerja.	Kelemahan prototipe terukur dan menghasilkan arah perbaikan desain.	[✓] Berhasil. Kapasitas masih lebih rendah dari cara manual; perbaikan diarahkan pada mekanisme penutup, penakar/saluran, bobot, keseimbangan, dan ergonomi.

STATUS INDIKATOR: LOLOS

Capaian bukti 100% dengan kontribusi tertimbang 25.00 poin dari bobot 25%. Bukti menunjukkan pemenuhan indikator pada batas TKT 6.



Prototipe yang telah disempurnakan setelah pengujian pada lingkungan yang relevan

V. BUKTI UJI INDIKATOR 4

Indikator 4 — Analisis ekonomi awal tersedia

Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian dan Bukti
Estimasi biaya prototipe.	Biaya bahan, tenaga kerja, dan overhead pabrikasi terbatas dihitung.	[✓] Berhasil. Biaya pembuatan prototipe Rp2.830.538 per unit; harga indikatif pengadaan terbatas Rp3.540.000 per unit. Nilai bukan harga produksi massal.
Analisis biaya-manfaat.	Manfaat penghematan pupuk dan biaya penggunaan dibandingkan pada beberapa skala.	[✓] Berhasil. Simulasi skala 2, 10, dan 20 ha menunjukkan manfaat tahunan berturut-turut Rp800.000, Rp4.000.000, dan Rp8.000.000.
Analisis B/C dan skala ekonomi.	Kelayakan petani kecil dan kebun lebih luas dapat dibandingkan.	[✓] Berhasil. B/C masing-masing 0,66; 1,41; dan 1,65. Skala 2 ha belum layak bila alat dibeli sendiri, sehingga penggunaan bersama menjadi opsi penerapan terbatas.
Analisis BEP dan payback period.	Luas minimum dan waktu pengembalian modal tersedia.	[✓] Berhasil. BEP B/C = 1 pada 4,11 ha/tahun; payback ≤ 2 tahun memerlukan 9,82 ha dan payback ≤ 1 tahun memerlukan 18,75 ha.
Musiman serta risiko biotik/abiotik.	Arus kas mengikuti jadwal pemupukan dan risiko diuji melalui skenario.	[✓] Berhasil. Manfaat dihitung tahunan menurut dua aplikasi pemupukan. Risiko harga pupuk, hujan, kondisi piringan, hama/penyakit, serta gangguan hasil dicatat untuk analisis sensitivitas lanjutan.

Skala	Manfaat/tahun	Biaya/tahun	B/C	Payback
2 ha	Rp800.000	Rp1.217.543	0,66	16,13 tahun
10 ha	Rp4.000.000	Rp2.832.599	1,41	1,96 tahun
20 ha	Rp8.000.000	Rp4.851.418	1,65	0,93 tahun

STATUS INDIKATOR: LOLOS

Capaian bukti 100% dengan kontribusi tertimbang 25.00 poin dari bobot 25%. Bukti menunjukkan pemenuhan indikator pada batas TKT 6.

VI. REKAPITULASI BUKTI DAN KEPUTUSAN

Register bukti uji

Dokumen/Bukti	Fungsi Pembuktian	Indikator
Blueprint prototipe	Spesifikasi, gambar rakitan, komponen, dan prinsip kerja	1 dan 3
Laporan kemajuan	Riwayat pengembangan, konfigurasi TKT 5, dan pelaksanaan uji	1 dan 2
Instrumen, data, dan dokumentasi uji	Data fungsi, operasional, perbandingan, dan pengguna	2 dan 3
Laporan final pengujian	Sintesis hasil, batas kinerja, dan keputusan teknis	2 dan 3
Analisis ekonomi awal	Biaya, manfaat, harga indikatif, B/C, BEP, dan payback	4
Video/dokumentasi demonstrasi	Rekaman pengoperasian pada lingkungan yang relevan	2 dan 3

Empat kriteria kelulusan TKT 6

No.	Kriteria	Bukti Ringkas	Keputusan
1	Prototipe diuji pada lingkungan pertanian yang relevan	Demonstrasi di kebun kelapa sawit rakyat Laut Tador	LOLOS
2	Manfaat teknis dan penerimaan pengguna terukur	Mutu penempatan, konsistensi dosis, dan penilaian 40 pengguna	LOLOS
3	Rancangan terbatas terbukti berfungsi dan kelemahan dikenali	Urutan buka–takar–tebar–tutup bekerja; titik perbaikan terukur	LOLOS
4	Analisis ekonomi awal tersedia	Biaya, CBA, harga indikatif, B/C, BEP, payback, skala, musiman, dan risiko	LOLOS

KEPUTUSAN AKHIR

Nilai akhir 95,00% dan keempat kriteria lolos. Posisi teknologi dinyatakan meningkat dari TKT 5 menjadi TKT 6. Batas atas penilaian adalah TKT 6.

Program lanjutan diarahkan pada penyempurnaan dan uji ulang prototipe selama sekurang-kurangnya tiga tahun, mencakup variasi lokasi, musim, jenis pupuk, kondisi tanah, operator, ketahanan komponen, keselamatan, ergonomi, dan validasi ekonomi riil tingkat petani.

VII. LEMBAR PENGESAHAN BUKTI UJI AKHIR

Uraian	Hasil
Teknologi	Prototipe Alat Pemupukan Manual Multifungsi Sistem Tebar-Tutup untuk Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat
Bidang	Pertanian
TKT awal	Level 5
Target dan batas atas	Level 6
Nilai akhir	95,00%
Kriteria kelulusan	4 dari 4 kriteria dinyatakan LOLOS
Keputusan	MEMENUHI TKT 6

Dokumen ini disahkan sebagai bukti uji akhir peningkatan kesiapterapan teknologi dari TKT 5 menuju TKT 6 berdasarkan hasil pengujian prototipe pada lingkungan pertanian yang relevan dan bukti pendukung yang terdokumentasi.

Medan, 20 Agustus 2026

Ketua Tim Peneliti



Sakiah, S.P., M.P.
NIDN 0105037902

Validator

**Ka Penelitian dan Pengabdian
Masyarakat**



Dr. Sri Wahyuna Saragih, S.Si., M.Pd
NIDN 1323047901

LAMPIRAN DOKUMENTASI



Gambar 1. Briefing di lapangan/kebun sawit rakyat sebelum pengujian prototipe



Gambar 2. Pengujian kinerja prototipe oleh petani (calon pengguna)



Gambar 3. Uji pembandingan pemupukan konvensional dengan prototipe alat pemupukan



Gambar 4. Uji kemudahan dan kenyamanan operasional



Gambar 5. Mengumpulkan feedback dari petani (calon pengguna) oleh observer



Gambar 6. Wawancara keterbatasan alat pemupukan dari calon pengguna