

Laporan Penelitian

Peta Jalan Ketahanan Pangan Beras Ibu Kota Negara

Tim Peneliti

Dr. Arman

Heny Agustin, SP., MSi

Dr P Setia Lenggono



Program Studi Agribisnis

Fakultas Sains Teknik dan Desain

Universitas Trilogi

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

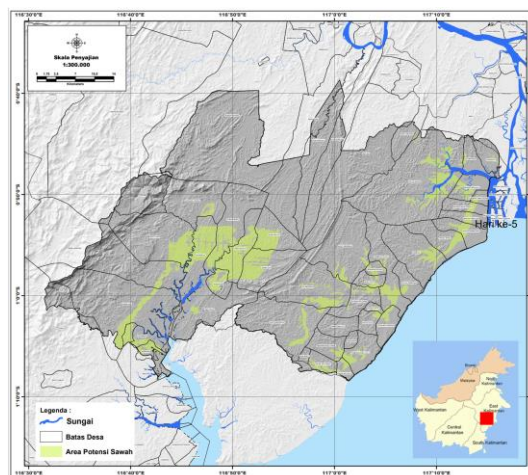
C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan 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.

Identifikasi lahan potensial untuk pangan beras

Berdasarkan proses tumpang tindih (*overlay*) dari beberapa peta yang telah ditentukan didapatkan hasil bahwa luas lahan yang berpotensi untuk lahan pangan beras (sawah) di wilayah IKN adalah 29,199.63 ha, yang terdiri atas lahan sawah eksisting 1,725.16 ha dan lahan non sawah seluas 27,474.47 ha (Tabel 1). Lahan non sawah adalah lahan dengan kondisi aktualnya berupa kebun campuran atau semak-belukar yang dapat digunakan terutama untuk budidaya padi pada beberapa tahun ke depan. Secara spasial, persebaran lahan terpilih disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1 yang ditumpang-tindihkan (*overlay*) dengan bentuk lahan (*landforms*), kawasan hutan, dan penggunaan lahan.

Tabel 1. Luasan lahan berpotensi untuk padi dengan bentuk lahan, areal kawasan, dan penggunaannya

No	Lahan berpotensi untuk padi pada bentuk lahan, areal kawasan, dan penggunaan lahan	Luas (Ha)
1	Lahan Non Sawah	27,474.47
	Dataran fluvial, APL, pertanian lahan kering campur	11,935.55
	Dataran struktural lipatan berombak-bergelombang, APL, pertanian lahan kering campur	15,538.93
2	Lahan Sawah (<i>Exisiting</i>)	1,725.16
	Dataran fluvial, APL, sawah	660.85
	Dataran fluviomarin, APL, sawah	151.00
	Dataran struktural lipatan bergelombang hingga berbukit, APL, sawah	303.49
	Dataran struktural lipatan berombak-bergelombang, APL, sawah	420.84
	Perbukitan denudasional, APL, sawah	5.38
	Dataran fluvial, HPT, sawah	8.36
	Dataran struktural lipatan berombak-bergelombang, HPT, sawah	11.00
	Perbukitan denudasional, HPT, sawah	4.84
	Dataran fluvial, THR, sawah	124.04
	Dataran struktural lipatan bergelombang hingga berbukit, THR, sawah	34.98
	Perbukitan struktural lipatan, THR, sawah	0.39
	Total Luas	29,199.63



Gambar 1. Persebaran spasial lahan berpotensi untuk tanaman padi di IKN

1. Lahan non-sawah

Lahan non sawah yang dimaksud adalah lahan yang pada saat dilakukan observasi lapangan menunjukkan lahan yang bukan digunakan sebagai lahan sawah, melainkan digunakan sebagai pertanian lahan kering dengan beraneka komoditas, seperti singkong, pisang, cabai, dan sebagainya, atau lahan yang mempunyai penutup semak-belukar (Gambar 2). Penutup lahan ini menjadi fokus perhatian, karena dianggap paling mudah untuk dibuka dan digunakan sebagai lahan pertanian. Kendatipun demikian, berdasarkan hasil observasi lapangan dan informasi penduduk, lahan-lahan semak belukar tersebut sebelumnya pernah juga digunakan sebagai lahan pertanian pada beberapa waktu yang lalu namun terhenti sehingga tidak dimanfaatkan kembali untuk memproduksi komoditas pertanian.



Gambar 2. (a) Lahan non sawah yang dimanfaatkan sebagai kebun campuran atau pertanian lahan kering campur; (b) Lahan non sawah (di latar belakang dan di samping kanan) berdampingan dengan lahan sawah (di bagian depan-tengah)

Lahan non-sawah dari sisi kemiringan lereng, sebagian kecil mempunyai kemiringan sangat kecil atau berelief datar, namun sebagian besar mempunyai lereng landai hingga agak miring ($< 30\%$). Lahan ini umumnya berdekatan dengan lahan sawah. Lahan ini banyak terdapat pada bentuk lahan dataran struktural berombak hingga bergelombang dan menempati sisi-sisi kanan atau kiri lembah sungai. Lembah sungai tersebut saat ini tidak ada aliran airnya karena telah lama terisi oleh sedimen tanah hasil proses erosi sebelumnya. Bahan induk tanah yang terbentuk hampir seluruhnya berasal dari pelapukan batu pasir (*sandstone*) yang berselingan dengan batu liat (*siltstone*) (Gambar 3). Solum tanah yang terbentuk pada bentuk lahan ini umumnya cukup tipis ($< 30\text{ cm}$).



Gambar 3. Litologi bentuk lahan dataran struktural lipatan berombak-bergelombang yang tersusun dari perselingan batu pasir (*sandstone*) dan batu liat (*siltstone*)

2. Lahan sawah eksisting

Lahan sawah eksisting memiliki kondisi yang beragam, ada sebagian yang sudah ditanami padi, namun ada pula yang tidak sedang ditanami padi atau dalam kondisi *bera* (Gambar 4a). Pada kasus tertentu, lahan sawah telah berubah menjadi semak belukar karena sudah lama tidak digarap. Berhentinya penggarapan ini dapat dikarenakan oleh beberapa alasan, antara lain adalah penghasilan yang didapat dari bertani padi relatif lebih kecil, sehingga beralih ke kegiatan lain. Bahkan ada sebagian lahan sawah yang telah berubah fungsinya, terutama yang berlokasi di tepi jalan besar. Sebagian besar dari lahan ini berubah menjadi lahan terbangun (Gambar 4b). Konversi lahan ini dilakukan dikarenakan pendapatan yang diperoleh dari kegiatan baru lebih besar daripada kegiatan pertanian.



Gambar 4. (a) Lahan sawah milik transmigran tahun 1980an yang sedang ditanam padi; (b) Lahan sawah yang mengalami proses alih fungsi dari sawah menjadi lahan terbangun

Lahan sawah eksisting secara geomorfologis semuanya berada pada bentuk lahan fluvial atau dataran fluvial. Pada skala lapangan, terutama yang berada di Kabupaten Penajam Paser Utara, hampir seluruh lahan sawah menempati bentuk lahan *infilled valley* atau “lembah terisi”. Bentuk lahan ini awalnya adalah lembah-lembah anak sungai, namun dengan berjalannya waktu, lembah-lembah tersebut mengalami proses erosi sehingga lembah melebar dan selanjutnya terisi oleh sedimen aluvial baru. Sedimen dapat bersumber dari proses erosi lokal atau dari yang lebih jauh di dalam wilayah sungai. Alhasil lembah sungai mengalami pelebaran dan terisi sedimen aluvial baru. Tanah aluvial yang terbentuk umumnya gembur, mudah diolah dan biasanya lebih subur dibandingkan dengan lahan di sekitarnya. Selain itu, karena posisi reliefnya secara lokal adalah paling rendah, maka ketersediaan air pun lebih baik. Kondisi ini menjadikan *infilled valey* memenuhi syarat atau sangat baik digunakan untuk lahan persawahan. Beberapa kendala persawahan di *infilled valley* berdasarkan penuturan petani adalah ancaman banjir di musim hujan. Hal ini cukup wajar, dikarenakan *infilled valley* pada dasarnya adalah lembah sungai. Genangan banjir ini jika durasinya melebihi tiga hari, maka ancaman puso cukup besar. Oleh sebab itu pada beberapa lokasi sawah, petani membuat parit (*drainage*) yang berfungsi untuk membuang air banjir agar durasi genangan tidak terlalu lama.

Kendala lain yang dialami petani adalah kadar kemasaman tanah yang cukup tinggi. Hal ini juga cukup wajar karena tanah yang terbentuk di wilayah IKN sebagian besar berasal dari bahan induk batu pasir kwarsa, sehingga untuk bertani perlu dilakukan pengolahan tanah agar pH tanah menuju normal, antara lain melalui pengapuran. Lahan sawah yang berlokasi tidak jauh dari sungai besar (yang bermuara ke laut) memiliki ancaman banjir karena adanya genangan pasang-surut atau banjir rob. Dengan demikian, durasi genangan dapat berkepanjangan dan menyebabkan gagal panen atau menurunnya produksi padi. Secara geografis, letak lahan persawahan di Kabupaten Penajam Paser Utara lebih banyak yang berdekatan dengan permukiman, mempunyai hamparan yang tidak luas, dan terbatas di dalam *infilled valey*. Persawahan ini sebagian besar milik para transmigran yang datang dari Jawa sekitar tahun 1980an. Semua persawahan yang berada di *infilled valley* adalah sawah tadah hujan yang budidaya pertanian padi sawahnya hanya dapat dilakukan dua kali dalam setahun.

Analisis Lahan Sawah dan Non Sawah IKN

Analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Sifat kimia tanah yang diukur di laboratorium meliputi: tekstur tanah tiga fraksi (metode pipet), pH (H_2O 1:5), C-organik (Walkley and Black), N-total (Kjeldahl), P-potensial dan K-potensial (HCl 25%), P-tersedia (Bray-I), Kapasitas Tukar Kation/ KTK (NH_4OAc pH 7), basa-basa dapat ditukar (K_{dd} , Na_{dd} , Ca_{dd} , Mg_{dd}) (NH_4OAc pH 7). K dan Na dapat ditukar yang ditetapkan dengan flame photometer, serta Ca dan Mg dapat ditukar yang ditetapkan dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

Analisis data dilakukan secara tabulasi dan dideskripsikan sifat kimia tanahnya. Data hasil analisis tanah diinterpretasikan berdasarkan Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk sebagai acuan¹. Adapun status kesuburan tanah ditentukan berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah Bogor² dan selain itu digunakan juga pendekatan kesuburan tanah secara klasik, yaitu pendekatan rasio kejenuhan kation basa (*base cation saturation ratio/BCSR*)³. Pendekatan ini digunakan untuk menafsirkan dinamika kesuburan tanah, dimana kation-kation basa yang dapat dipertukarkan dihitung kejenuhan Ca, Mg, dan K, serta rasio Ca/Mg, Ca/K, dan

Mg/K. Formulasi kejenuhan tersebut adalah sebagai berikut: Kejenuhan K = $K_{dd}/KTK\text{-efektif} \times 100\%$; Kejenuhan Ca = $C_{add}/KTK\text{-efektif} \times 100\%$; Kejenuhan Mg = $Mg_{dd}/KTK\text{-efektif} \times 100\%$. Dimana KTK-efektif merupakan jumlah dari kation basa (Na_{dd} , Ca_{dd} , Mg_{dd} , K_{dd}).

Karakteristik tanah sawah dan non-sawah di IKN

Sifat kimia tanah sawah dan non sawah di IKN, Kalimantan Timur secara umum memiliki sifat kimia tanah yang bervariasi (Tabel 2 dan 3). Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa nilai rerata pH tanah sawah di IKN Kalimantan Timur adalah sebesar 4.6 (masam) dengan kisaran 3.9 – 6.6 (sangat masam sampai netral), sedangkan pH tanah non sawah mempunyai rata-rata 4.2 (sangat masam). Pada tanah sawah mineral, pH tanah masam atau alkalin sebetulnya tidak begitu berpengaruh terhadap sifat kimia tanah yang lain, karena adanya penggenangan pada tanah sawah mineral masam dapat mengakibatkan pH tanah akan meningkat dan pada tanah alkalin akan mengakibatkan nilai pH tanah menurun mendekati netral. Pada saat penggenangan, pH tanah akan menurun selama beberapa hari pertama, kemudian mencapai minimum dan beberapa minggu kemudian pH akan meningkat lagi secara asimtot untuk mencapai nilai pH yang stabil yaitu sekitar 6.7-7.2⁴.

Oleh karena itu penggenangan pada tanah sawah masam sama dengan tindakan pengapuran yang bertujuan untuk meningkatkan kisaran pH optimum yang memungkinkan tersedianya hara secara optimum. Pada pH sekitar 5.5, daya meracun Al-dd hilang karena Al-dd pada pH tersebut terendapkan. Sementara itu nilai pH pada tanah non sawah untuk wilayah kajian termasuk dalam kategori sesuai marjinal untuk padi gogo, sehingga pH tanah ini tergolong sebagai salah satu faktor penghambat yang dapat membatasi produktivitas padi gogo. Oleh karena itu diperlukan tambahan masukan untuk memperbaiki pH tanah.

Ketersediaan P pada tanah masam yang tergenang akan meningkat, karena reduksi besi dan besi yang terlarut akan menggantikan kation lain dari tempat pertukaran seperti K^+ . Dengan demikian kelarutan Fe^{2+} yang tinggi pada tanah masam dapat meracuni tanaman padi. Kandungan Fe dengan pengestrak DTPA di lahan sawah cukup tinggi, yaitu rata-rata 839 ppm. Tingginya kandungan Fe, dapat menyebabkan kecenderungan tanaman padi keracunan Fe. Kadar P-tersedia tanah sawah di lokasi penelitian masuk dalam kategori dominan sangat rendah. Salah satu faktor rendahnya kandungan P ialah karena rendahnya kandungan bahan organik di lokasi tersebut.

Faktor yang memengaruhi ketersediaan P dalam tanah yaitu (1) C-organik, (2) pH tanah, (3) kandungan Fe, Al, dan Ca, dan (4) sifat fisik tanah. Rendahnya hara P disertai dengan tingginya kandungan Fe dan rendahnya pH tanah merupakan kondisi tanah sawah di lokasi penelitian. Sementara itu faktor yang berkorelasi positif dengan kandungan P-tersedia dalam tanah adalah pH, karena P-tersedia dapat diserap oleh tanaman pada rentang pH 6.0–7.0. Dengan demikian semakin tinggi kadar Fe pada tanah, maka akan semakin tinggi pula serapan P yang dapat terjadi⁵.

Di sisi lain kadar P-tersedia pada tanah non sawah di wilayah kajian rata-rata tergolong ke dalam kategori rendah dan dapat menjadi faktor pembatas untuk tanaman padi gogo. Sementara itu ketersediaan P untuk tanaman padi gogo yang diperlukan adalah dalam kategori sedang sampai tinggi. Kadar klei (*clay*) tanah sawah di lokasi penelitian rata-rata tergolong dalam kategori sangat tinggi yaitu 57% dengan nilai kisaran 35-85%, sedangkan pada tanah non sawah kadar klei lebih rendah yaitu rata-rata 34%. Semakin tinggi kadar klei maka semakin besar pula daya fiksasi P. Kadar klei ini juga mempengaruhi hilangnya air dan efisiensi air pada tanah sawah.

Nilai rerata C-organik tanah sawah di lokasi penelitian termasuk dalam kategori tinggi, yaitu 3.91% dengan kisaran 0.99- 12.04% (sangat rendah-sangat tinggi). Perbedaan status C-organik dalam tanah dapat disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya jenis tanah dan sifat fisik tanah (tekstur, permeabilitas, aerasi, dan porositas tanah). Sementara itu status C-organik pada tanah non sawah di wilayah kajian rata-rata tergolong rendah. Oleh sebab itu agar kandungan bahan organik dapat meningkat atau kadar di dalam tanah tidak menurun (seiring waktu akibat proses dekomposisi) maka saat pengolahan tanah mutlak diperlukan penambahan bahan organik setiap tahun seperti memberikan pupuk kandang, pupuk hijau, atau pupuk organik yang lain. Hal ini akan dapat pula meningkatkan KTK karena C-organik berkaitan erat dengan KTK.

Kadar N total dalam tanah adalah berasal dari N organik yang terdapat dalam bahan organik tanah dan fiksasi N oleh mikroba, sementara itu hanya sebagian kecil (2-5%) berupa N-anorganik (NH_4^+ , NO_3^- dan sedikit NO_2^-). Pada tanah sawah yang tergenang, N merupakan hara yang tidak stabil hal ini dikarenakan adanya proses mineralisasi bahan organik (amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi) oleh mikroba tanah tertentu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah sawah dan non sawah di IKN Kalimantan Timur memiliki kadar N-total dalam kategori sedang hingga rendah berturut-turut dengan nilai rata-rata sebesar 0,24% dan 0,12%. Dalam hal ini terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan ketersediaan N dalam tanah rendah, antara lain adalah karena (1) sifat nitrogen yang sangat mudah bergerak, (2) pencucian hara N oleh air hujan, (3) terangkut saat panen, (4) terikat oleh mineral tanah, dan (5) dimanfaatkan oleh organisme tanah⁶. Meskipun kadar N-total pada tanah non sawah di wilayah kajian cukup rendah, namun kadar ini masih tergolong cukup sesuai untuk tanaman padi gogo.

Tabel 2. Sifat kimia tanah sawah dan non sawah di Ibu Kota Nusantara (IKN), Provinsi Kalimantan Timur

Kode Sampel	pH	N-total	P-tersedia	Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Na-dd	KB	Fe	Mn	Pasir	Debu	Klei	Kelas Tekstur
		..(%)..	...(ppm)...	cmol(+)/kg.....				..(%)..	(ppm).....		(%).....			
Tanah Sawah														
T1 SW 270323	4.20 SM	0.36 S	2,32 SR	1,47 SR	0,83 R	0,18 R	0,21 R	11,29 SR	916	4,30	6,22	29,08	64,71	Klei
T2 SW 270723	4.44 SM	0.41 S	1.56 SR	2.15 R	0.79 R	0.16 R	0.08 SR	14.85 SR	926	7.78	7.05	35.80	57.15	Klei
02 SW 280723	4.44 SM	0.17 R	1.58 SR	1.35 SR	0.29 SR	0.07 SR	0.05 SR	21.94 R	531	25.26	15.12	49.97	34.91	Lempung klei berdebu
09 SW 280723	4.37 SM	0.39 S	1.29 SR	2.53 R	1.11 S	0.26 R	0.14 R	15.07 SR	756	21.90	3.31	35.29	61.40	Klei
15 SW 28	4.22 SM	0.27 S	2.57 SR	1.38 SR	1.47 S	0.27 R	0.11 R	14.95 SR	1.018	12.12	1.96	27.05	70.99	Klei
17 SW 280723	4.37 SM	0.28 S	2.66 SR	1.69 SR	1.65 S	0.23 R	0.15 R	20.02 R	1.028	38.61	0.94	19.98	79.08	Klei
18 SW 280723	3.95 SM	0.35 S	1.81 SR	1.42 SR	2.60 T	0.19 R	0.08 SR	20.47 R	1.089	11.33	0.78	14.14	85.09	Klei
24 SW 26723	4.84 M	0.13 R	1.25 SR	1.58 SR	2.13 T	0.16 R	0.19 R	30.90 R	768	91.79	3.08	35.97	60.95	Klei
30 SW 260723	4.95 M	0.20 R	1.45 SR	2.20 R	4.45 T	0.44 S	0.38 S	48.13 S	943	74.86	2.32	41.34	56.34	Klei berdebu
40 SW 270723	4.88 M	0.15 R	10.25 S	1.21 SR	1.56 S	0.10 R	0.08 SR	22.68 R	709	188.40	2.68	50.76	46.56	Klei berdebu
41 SW 270723	4.95 M	0.14 R	1.28 SR	2.07 R	1.38 S	0.13 R	0.21 R	36.75 S	891	86.26	2.06	44.49	53.45	Klei berdebu
42 SW 280723	3.97 SM	0.21 S	1.61 SR	0.21 SR	0.11 SR	0.21 R	0.07 SR	2.88 SR	439	1.77	4.95	42.68	52.37	Klei berdebu
43 SW 280723	4.38 SM	0.34 S	1.09 SR	1.42 SR	1.42 S	0.18 R	0.12 R	12.86 SR	1.004	3.42	1.26	40.66	58.08	Klei berdebu
44 SW 280723	4.39 SM	0.17 R	2.57 SR	1.53 SR	1.04 R	0.15 R	0.57 S	10.61 SR	1.058	1.08	3.39	47.87	48.74	Klei berdebu
45 SW 280723	4.49 SM	0.20 R	1.49 SR	2.04 R	1.89 S	0.17 R	0.13 R	21.42 R	1.031	9.86	1.99	42.24	55.77	Klei berdebu
46 SW 280723	6.60 N	0.22 S	1.85 SR	12.17 T	1.92 S	0.16 R	1.21 ST	100.00 ST	699	30.56	18.62	35.37	46.01	Klei
SW TGR 1 310723	4.78 M	0.14 R	1.08 SR	7.12 S	3.48 T	0.18 R	0.19 R	54.14 T	637	303.87	7.13	42.33	50.54	Klei berdebu
SW TGR 2 310723	5.12 M	0.13 R	1.10 SR	8.54 S	4.53 T	0.21 R	0.25 R	64.54 T	659	349.01	8.03	43.42	48.55	Klei berdebu
Tanah non Sawah														
03 NS 280723	3.99 SM	0.10 R	3.50 SR	0.18 SR	0.06 SR	0.04 SR	0.02 SR	4.49 SR	203	2.06	62.49	22.48	15.04	Lempung Berpasir
09 NS 280723	4.08 SM	0.10 R	4.55 R	0.50 SR	0.25 SR	0.06 SR	0.04 SR	10.72 SR	459	3.30	53.51	23.29	23.21	Lempung Klei Berpasir
15 NS 28	4.26 SM	0.10 R	6.65 R	0.51 SR	0.21 SR	0.09 SR	0.03 SR	10.09 SR	342	4.88	59.13	8.09	32.78	Lempung Klei Berpasir
18 NS 280723	3.90 SM	0.15 R	3.38 SR	1.59 SR	0.43 R	0.18 R	0.02 SR	11.60 SR	552	9.41	12.84	38.85	48.31	Klei
24 NS 260723	4.11 SM	0.11 R	2.28 SR	0.67 SR	0.31 SR	0.18 R	0.03 SR	9.64 SR	268	11.43	41.27	26.25	32.49	Lempung Berklei
30 NS 260723	4.58 M	0.08 SR	1.40 SR	0.39 SR	0.15 SR	0.08 SR	0.05 SR	5.96 SR	301	7.14	42.67	21.95	35.38	Lempung Berklei

Kode Sampel	pH	N-total	P-tersedia	Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Na-dd	KB	Fe	Mn	Pasir	Debu	Klei	Kelas Tekstur
		..(%)..	...(ppm)...	cmol(+)/kg.....					..(%)..	(ppm).....	(%).....			
40 NS 27	4.34 SM	0.15 R	5.12R	0.62 SR	0.32 SR	0.12 R	0.03 SR	7.56 SR	288	40.01	19.44	44.42	36.14	Lempung klei berdebu
41 NSW 270723	4.22 SM	0.14 R	20.56 ST	0.60 SR	0.28 SR	0.11 R	0.02 SR	6.62 SR	286	20.13	24.40	31.78	43.82	Lempung Berklei
T3 NS 270323	4.25 SM	0.18 R	1.42 SR	0.24 SR	0.22 SR	0.10 R	0.06 SR	5.38 SR	1.017	3.68	36.33	21.56	42.11	Klei

Sumber: Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Keterangan: SR= sangat rendah; R= rendah; S= sedang; T= tinggi; ST= sangat tinggi; M = Masam; SM = sangat masam; N = netral

Kadar P-potensial dan K-potensial tanah pada dasarnya dipengaruhi oleh bahan induk dan juga berkaitan erat dengan tingkat pengelolaan tanah. Kadar P-potensial dan K-potensial pada tanah sawah di wilayah kajian rata-rata termasuk dalam kriteria sedang dan sangat rendah, sedangkan pada tanah non sawah termasuk dalam kriteria rendah dan sangat rendah. KTK tanah sawah di lokasi penelitian tergolong sedang dengan nilai rerata 19.20 cmol(+)/kg dari kisaran 8.02-31.00 cmol(+)/kg. Hal ini bermakna bahwa kemampuan tanah sawah di lokasi penelitian masih tinggi dalam mempertukarkan kation atau basa-basa seperti K, Na, Ca dan Mg. Tingginya nilai KTK ini disebabkan oleh kandungan C-organik yang tinggi.

KTK berkorelasi positif dengan ketersediaan bahan organik dalam tanah⁷. Hal ini dikarenakan jumlah bahan organik yang tinggi dapat mengakibatkan jumlah koloid tanah meningkat, sehingga KTK tanah menjadi tinggi. Sementara itu KTK pada tanah non sawah di wilayah kajian menunjukkan status rendah, namun masih cukup sesuai untuk tanaman padi gogo. Di sisi lain Kadar Ca_{dd} dan K_{dd} tanah sawah di wilayah kajian rata-rata termasuk rendah, sedangkan Mg_{dd} tanah termasuk sedang. Sementara itu kadar Ca_{dd} dan Mg_{dd} tanah non sawah rata-rata termasuk sangat rendah, sedangkan K_{dd} tanah termasuk kategori rendah. Adapun nilai Kejenuhan Basa (KB) tanah-tanah sawah di lokasi penelitian masuk ke dalam kisaran sangat rendah sampai sangat tinggi (2.88-100%) dengan nilai rerata 29.08% (rendah). Sementara itu pada tanah non sawah mempunyai nilai KB rata-rata yang tergolong sangat rendah. Dalam hal ini perlu difahami bahwa perbedaan karakteristik tanah setiap lokasi banyak ditentukan oleh dua faktor, yaitu faktor bawaan seperti jenis tanah dan faktor dinamik antara lain pengolahan tanah, irigasi, pemupukan, dan pengembalian sisa pascapanen⁸.

Status kesuburan tanah sawah dan non-sawah di IKN

Berdasarkan hasil analisis tanah dan penilaian status kesuburan tanah yang mengacu pada Pusat Penelitian Tanah^[2], maka status kesuburan tanah sawah maupun non sawah di wilayah IKN, Kalimantan Timur adalah rendah yakni dengan kisaran nilai dari setiap parameter disajikan pada Tabel 3.

Sementara itu berbasis rasio kejenuhan kation basa/*Base Cation Saturation Ratio* (BCSR) atau “*soil balancing*” nilai rata-rata rasio Ca/Mg, Ca/K, dan Mg/K di tanah sawah dan non sawah berturut-turut adalah 1.84; 327.67; dan 9.63 serta 2.34; 666.05; dan 2.38. BCSR adalah salah satu filosofi pengelolaan tanah yang berusaha untuk mempertahankan persentase kejenuhan kation basa yang umumnya ditargetkan dalam tanah sebesar 60-75% Ca, 10-20% Mg, 3-5% K, dan 15% kation lainnya. Persentase kejenuhan kation basa ini ditransformasikan ke rasio Ca/Mg 6.5; Ca/K 13; dan Mg/K 2³.

Dalam hal ini kation dalam tanah sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, terutama tekstur tanah, kemasaman tanah, dan kadar C-organik tanah. Jadi terdapat hubungan yang kuat antara pH tanah dan kejenuhan basa pada tanah masam dan netral, tetapi tidak pada tanah alkalin⁹.

Tabel 3. Status kesuburan tanah di wilayah IKN

Kode Sampel	KTK	KB	C-organik	P ₂ O ₅ -HCl 25%	K ₂ O-HCl 25%	Status Kesuburan Tanah
	cmol(+)/kg	..(%)..	..(%)..	mg/100g	mg/100g	
Tanah Sawah						
T1 SW 270323	23.87 S	11.29 SR	5.90 ST	30.8 S	13.4 R	R
T2 SW 270723	21.45 S	14.85 SR	6.65 ST	60.4 ST	7.4 SR	R
02 SW 280723	8.02 R	21.94 R	1.08 R	11.7 SR	4.9 SR	R
09 SW 280723	26.82 T	15.07 SR	5.43 ST	20.2 S	12.1 R	R
15 SW 28	21.61 S	14.95 SR	4.96 T	28.5 S	9.5 SR	R
17 SW 280723	18.58 S	20.02 R	4.32 T	21.5 S	13.2 R	R
18 SW 280723	20.98 S	20.47 R	5.55 ST	30.3 S	7.7 SR	R
24 SW 26723	13.13 R	30.90 R	0.99 SR	35.2 S	6.8 SR	R
30 SW 260723	15.53 R	48.13 S	1.96 R	60.6 ST	16.4 R	R
40 SW 270723	13.00 R	22.68 R	1.30 R	29.2 S	8.1 SR	R
41 SW 270723	10.33 R	36.75 S	1.50 R	46.1 T	10.1 R	R
42 SW 280723	20.54 S	2.88 SR	3.13 T	13.8 SR	10.0 SR	R
43 SW 280723	24.36 T	12.86 SR	6.84 ST	37.4 S	7.0 SR	R
44 SW 280723	31.00 T	10.61 SR	12.04 ST	27.5 S	4.5 SR	R
45 SW 280723	19.73 S	21.42 R	3.31 T	25.7 S	7.1 SR	R
46 SW 280723	15.39 R	100.00 ST	2.58 S	23.2 S	7.7 SR	R

Kode Sampel	KTK	KB	C-organik	P ₂ O ₅ -HCl 25%	K ₂ O-HCl 25%	Status Kesuburan Tanah
	cmol(+)/kg	..(%)..	..(%)..	mg/100g	mg/100g	
SW TGR 1 310723	20.26 S	54.14 T	1.41 R	45.4 T	8.1 SR	R
SW TGR 2 310723	20.96 S	64.54 T	1.34 R	71.9 ST	6.4 SR	R
Tanah Non Sawah						
03 NS 280723	6.81 R	4.49 SR	1.01 R	9.4 SR	8.5 SR	R
09 NS 280723	7.97 R	10.72 SR	1.24 R	27.0 S	4.9 SR	R
15 NS 28	8.37 R	10.09 SR	1.27 R	10.2 SR	6.7 SR	R
18 NS 280723	19.21 S	11.60 SR	3.10 T	39.3 S	11.1 R	R
24 NS 260723	12.30 R	9.64 SR	1.34 R	15.7 R	5.5 SR	R
30 NS 260723	11.13 R	5.96 SR	1.21 R	6.4 SR	4.9 SR	R
40 NS 27	14.33 R	7.56 SR	1.50 R	13.1 SR	6.1 SR	R
41 NSW 270723	15.18 R	6.62 SR	2.02 S	14.0 SR	6.2 SR	R
T3 NS 270323	11.64 R	5.38 SR	2.37 S	19.5 R	5.5 SR	R

Sumber: Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Keterangan: SR= sangat rendah; R= rendah; S= sedang; T= tinggi; ST= sangat tinggi

Berdasarkan Tabel 4 nilai rerata kejenuhan Ca, Mg, K pada tanah sawah di wilayah kajian berturut-turut adalah sekitar 51.59; 37.16; dan 6.18% sedangkan untuk lahan non sawah berturut-turut adalah sekitar 57.85; 26.09; dan 11.59%. Hal ini menunjukkan bahwa nisbah Ca/K dan Mg/K pada semua lokasi penelitian lebih besar dibandingkan dengan nisbah Ca/K dan Mg/K ideal (Tabel 4), sehingga dalam pengelolaan tanah pupuk K dalam hal ini sangat perlu diberikan. Adapun nisbah Ca/Mg baik tanah sawah maupun non sawah di lokasi penelitian secara dominan bernilai lebih kecil dibandingkan dengan nisbah Ca/Mg ideal (Tabel 4), sehingga pemberian pupuk Mg dalam hal ini bersifat optional. Namun demikian, untuk tanah non sawah pupuk Ca dan Mg sebaiknya diberikan.

Tabel 4. Nilai kejenuhan hara dan rasio Ca, Mg, dan K

Kode Sampel	Kejenuhan Ca	Kejenuhan Mg	Kejenuhan K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Tanah Sawah						
T1 SW 270323	54.65	30.86	6.69	1.77	303.59	4.61
T2 SW 270723	67.61	24.84	5.03	2.72	422.56	4.94
02 SW 280723	76.70	16.48	3.98	4.66	1095.78	4.14
09 SW 280723	62.62	27.48	6.44	2.28	240.86	4.27
15 SW 28	42.72	45.51	8.36	0.94	158.24	5.44
17 SW 280723	45.43	44.35	6.18	1.02	197.52	7.17
18 SW 280723	33.10	60.61	4.43	0.55	174.21	13.68
24 SW 26723	38.92	52.46	3.94	0.74	243.23	13.31
30 SW 260723	29.45	59.57	5.89	0.49	66.93	10.11
40 SW 270723	41.02	52.88	3.39	0.78	410.17	15.60
41 SW 270723	54.62	36.41	3.43	1.50	420.13	10.62
42 SW 280723	35.00	18.33	35.00	1.91	166.67	0.52
43 SW 280723	45.22	45.22	5.73	1.00	251.24	7.89
44 SW 280723	46.50	31.61	4.56	1.47	310.03	6.93
45 SW 280723	48.23	44.68	4.02	1.08	283.69	11.12
46 SW 280723	78.72	12.42	1.03	6.34	492.00	12.00
SW TGR 1 310723	64.90	31.72	1.64	2.05	360.58	19.33
SW TGR 2 310723	63.12	33.48	1.55	1.89	300.57	21.57
Tanah Non Sawah						
03 NS 280723	60.00	20.00	13.33	3.00	1500.00	1.50
09 NS 280723	58.82	29.41	7.06	2.00	980.39	4.17
15 NS 28	60.71	25.00	10.71	2.43	674.60	2.33
18 NS 280723	71.62	19.37	8.11	3.70	397.90	2.39

Kode Sampel	Kejenuhan Ca	Kejenuhan Mg	Kejenuhan K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Tanah Sawah						
24 NS 260723	56.30	26.05	15.13	2.16	312.79	1.72
30 NS 260723	58.21	22.39	11.94	2.60	727.61	1.88
40 NS 27	56.88	29.36	11.01	1.94	474.01	2.67
41 NSW 270723	59.41	27.72	10.89	2.14	540.05	2.55
T3 NS 270323	38.71	35.48	16.13	1.09	387.10	2.20

Sumber: Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Keterangan: SR= sangat rendah; R= rendah; S= sedang; T= tinggi; ST= sangat tinggi

Arahan/Rekomendasi Pengelolaan Tanah Sawah dan Non Sawah di Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil penilaian status hara tanah sawah dan non sawah di IKN, Kalimantan Timur didapatkan bahwa yang menjadi faktor pembatas terhadap kesuburan tanah di wilayah ini ialah pH tanah yang masam, kandungan Fe dan Mn tinggi, kadar N-total sedang dan rendah, P-tersedia, Ca_{dd} , dan K_{dd} sangat rendah sampai rendah, Mg_{dd} pada tanah non sawah rendah serta beberapa tanah non sawah di lokasi penelitian mengandung C-organik rendah yaitu sebesar $<2\%$. Untuk memperbaiki faktor-faktor pembatas ini, salah satunya yaitu dengan pemupukan. Pemupukan ini diaplikasikan dengan cara menambahkan bahan organik ke dalam tanah. Pemberian bahan organik akan dapat meningkatkan ketersediaan hara P, sebab bahan organik dapat berperan dalam (1) membentuk organofosfat kompleks yang mudah diserap oleh tanaman, (2) pergantian $H_2PO_4^-$ terhadap jerapan tanah, dan (3) mengkelat oksida Fe dan Al oleh humus agar tidak terjadi jerapan berlebihan terhadap P^{10} . Apabila tidak segera dilakukan peningkatan kadar C-organik tanah melalui penambahan bahan organik, maka dalam jangka waktu beberapa tahun ke depan produktivitas padi di lokasi kajian akan semakin menurun, dan input pupuk yang dibutuhkan akan semakin meningkat.

Faktor pembatas berupa pH H_2O , KTK tanah, dan KB juga merupakan faktor pembatas pada tanah non sawah jika pada lahan ini akan ditanami padi gogo. Oleh karena itu, kondisi ini perlu diperbaiki dengan diberikan input. Salah satu input yang dilakukan untuk perbaikan sifat tanah adalah pemberian kapur atau pemberian pupuk organik atau dapat pula pemberian pupuk sintetis anorganik secara bijak sesuai dengan dosis, jumlah dan waktu pemakaian sehingga kondisinya dapat teratasi. Pemberian kapur atau ameliorant lain selain dapat menurunkan kejenuhan Al atau meningkatkan pH juga sekaligus meningkatkan Ca.

Berdasarkan kalibrasi uji P dan K untuk padi sawah, Balai Penelitian Tanah telah menyusun rekomendasi pemupukan unsur hara makro utama P dan K untuk padi sawah dengan varietas unggul. Takaran pupuk P dan K didasarkan pada status hara P dan K yang terekstrak dengan HCl 25%, yaitu rendah, sedang, dan tinggi¹¹. Pada pemupukan P dan K, peran jerami dalam hal ini sangat penting, karena pengembalian jerami ke petak sawah akan dapat mengurangi kebutuhan pupuk P dan K.

Pengembalian jerami ke tanah sawah merupakan langkah yang tepat, karena pembenaman jerami ke tanah sawah tersebut dapat meningkatkan kadar C-organik tanah dan hara lainnya. Prinsip dasar dari pemupukan P adalah kandungan P dalam tanah, sehingga apabila kandungan P tergolong tinggi ($> 40 \text{ mg } P_2O_5/100g$), pemupukan P bisa memakai dosis yang lebih rendah karena dimaksudkan hanya untuk mengganti P yang diambil oleh tanaman padi. Namun bila kandungan P tergolong rendah hingga sedang ($<40 \text{ mg } P_2O_5/100 \text{ g}$), maka harus diberikan pupuk P dalam jumlah yang lebih tinggi, karena pemupukan P ini selain untuk menggantikan P yang diambil oleh tanaman juga untuk meningkatkan kadar P dalam tanah. Semua kadar P dalam tanah di lokasi penelitian tergolong rendah sampai sedang ($<40 \text{ mg } P_2O_5/100 \text{ g}$), sehingga disarankan untuk melakukan pemupukan hara P.

Pemupukan K dianjurkan untuk ditambahkan disertai dengan pengembalian jerami sisa panen ke dalam tanah, hal ini karena secara dominan kadar K dalam tanah di lokasi penelitian tergolong rendah. Dengan demikian pada tanah sawah yang mendapatkan pengembalian jerami, maka dosis pemupukan K akan lebih rendah dibandingkan dengan yang tanpa pengembalian jerami. Adapun untuk tanah non sawah di wilayah kajian perlu untuk diberikan pupuk K dan bahan organik.

Rasio Ca/Mg pada tanah sawah di wilayah kajian rata-rata bernilai 1.84, hal ini menunjukkan bahwa ada kecenderungan hara Ca dan Mg tidak seimbang, yaitu kandungan Ca tergolong rendah dan kandungan Mg tinggi. Sementara itu pada tanah non sawah mempunyai rasio Ca/Mg rata-rata 2.34 dimana kandungan Ca dan Mg sangat rendah. Untuk pemenuhan kebutuhan pertumbuhan tanaman padi yang optimal, maka lebih dari 20% KTK harus dijenuhi oleh Ca, atau rasio Ca/Mg sekitar 3/1 hingga 4/1¹¹.

Isu Strategis Lahan Sawah

Penduduk lokal IKN di Kecamatan Sepaku, Samboja dan Muara Jawa pada tahun 2023 berjumlah 147,529 jiwa^{12,13}, dengan pertambahan penduduk sekitar 1 persen maka jumlah ini akan meningkat menjadi sekitar 150 ribu-an pada tahun 2024, bersamaan dengan dimulainya perpindahan ASN ke pusat pemerintahan IKN. Perpindahan ASN diperkirakan sebanyak 16,990 orang¹⁴, serta ditambah dengan para pekerja yang saat ini sedang merampungkan pembangunan fisik IKN berjumlah sekitar 9.700 orang¹⁵ maka diperkirakan jumlah penduduk di IKN akan mencapai 200 ribuan orang pada 2024. Jumlah ini akan terus meningkat seiring berjalannya waktu, dengan konsekuensi peningkatan kebutuhan atau permintaan akan pangan khususnya beras di wilayah IKN.

Produksi beras mengalami kenaikan dari 24,505.74 ton pada tahun 2021 menjadi 26,268.52 ton pada tahun 2022 di Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU). Sementara itu, di Kabupaten Kutai Kartanegara produksi beras juga mengalami peningkatan dari 60,750.49 ton pada tahun 2021 menjadi 61,090.11 ton pada tahun 2022¹⁶. Sampai dengan tahun 2024, dengan datangnya ASN ke wilayah IKN maka kebutuhan akan beras di wilayah ini diperkirakan berjumlah 19.5 ribu ton per-tahun dengan menggunakan perhitungan konsumsi beras per kapita per-tahun menurut BPS Kalimantan Timur¹⁷. Namun apabila menggunakan perhitungan Kementerian Pertanian, jumlah kebutuhan beras tersebut mencapai 16.2 ribu ton pertahun¹⁸.

Informasi sampai saat ini berdasarkan hasil survei di lapangan, diperkirakan bahwa produksi beras di wilayah IKN (Kecamatan Sepaku, Samboja dan Muara Jawa) berjumlah 40 ribu ton per tahun. Dengan demikian sampai dengan 2024, produksi beras di wilayah IKN masih mengalami surplus dibandingkan dengan kebutuhan untuk memenuhi pangan penduduk wilayah ini. Temuan ini melanjutkan kecenderungan surplus beras di kedua kabupaten tersebut yang sama dengan hasil temuan peneliti lain pada tahun 2018¹⁹. Sepanjang 2009 hingga 2015 terjadi surplus beras di Kabupaten PPU maupun Kutai Kartanegara, meskipun di Provinsi Kalimantan Timur umumnya terjadi hal yang sebaliknya²⁰. Dengan demikian penyangga kebutuhan beras beberapa tahun ke depan di wilayah IKN masih dapat terjaga. Kabupaten PPU dan Kutai Kartanegara selanjutnya didelineasi sebagai potensi lahan pangan beras untuk menyuplai kebutuhan IKN serta menjadi dasar untuk menjaga dan mempertahankan fungsi areal tersebut sebagai kawasan pangan.

Namun ada beberapa isu yang dapat memengaruhi produksi dan persediaan pangan beras dari kabupaten tersebut. Isu tersebut meliputi perubahan alih komoditas padi menjadi perkebunan kelapa sawit dan alih fungsi menjadi bangunan. Hasil FGD dengan stakeholder pemerintah daerah Kabupaten PPU menyebutkan alih fungsi komoditas sawah menjadi sawit sekitar 100 ha. dari 600 ha lahan di Rawa Mulia Kecamatan Babulu. Penyebab alih fungsi komoditas diantaranya (1) prospek pendapatan perkebunan sawit lebih baik disertai dengan risiko usaha tani kecil, (2) usaha tani sawah memiliki risiko gagal panen karena banjir dan air pasang, (3) produktivitas dan produksi yang rendah sehingga memengaruhi pendapatan usaha tani yang rendah, (4) penambahan beban biaya usaha tani untuk mengurangi tingkat kemiskinan tanah, (5) risiko kekeringan lahan usaha tani karena perubahan iklim dan kondisi alam, (6) seringkali terjadi penambahan biaya usaha tani pupuk menjadi besar karena ketersediaan pupuk subsidi terbatas dan serangan hama wereng cokelat (*Nilaparvata lugens*) serta, (7) kualitas benih. Meningkatnya laju peralihan fungsi lahan di kawasan IKN sangat berpengaruh terhadap panen padi dan penyediaan beras di kawasan ini^{19,20,21}. Hasil dengan para penyuluh dan petani pada saat survei lapangan juga memperkuat kecenderungan alih fungsi atau komoditas dari padi menjadi kelapa sawit karena lebih menguntungkan dan minim risiko.

Selain faktor alih fungsi lahan, ketersediaan air untuk persawahan juga berperan penting dalam produksi padi Kalimantan Timur, termasuk IKN. Umumnya padi sawah di wilayah ini sangat bergantung pada pasokan air hujan selain sungai-sungai yang mengalir di wilayah ini. Curah hujan di Kecamatan Samboja dan Muara Jawa berkisar antara 104 – 190 mm per bulan dengan hujan turun rata-rata antara 130-150 hari dalam setahun²². Sementara itu untuk Kecamatan Sepaku di Kabupaten PPU, curah hujan yang tercatat pada tahun 2019 sangatlah bervariasi yaitu minimal 1 mm per bulan pada September dan maksimal 268 mm per bulan pada bulan Maret²². Berkurangnya curah hujan pada musim tanam akan sangat mengurangi hasil panen. Demikian pula apabila curah hujan amat berlimpah maka akan merendam lahan pertanian yang mengakibatkan gagal panen. Temuan yang hampir sama tentang peran air dan hujan dalam pertanian tanaman pangan juga didapatkan pada penelitian lainnya^{23,24}.

Pemerintah perlu mencegah alih komoditas lahan sawah untuk memenuhi kebutuhan pangan lokal sekaligus IKN. Insentif kebijakan mengatasi risiko diantaranya adalah pemerintah menyediakan infrastruktur bendungan untuk menjamin kebutuhan air, penyediaan pupuk subsidi, peningkatan sumber daya petani melalui pendampingan teknik budidaya sawah, pencegahan hama dan penyakit, penggunaan pupuk berimbang dan bantuan pendidikan dan kesehatan keluarga petani sawah. Instrumen kebijakan ini sebagai bagian untuk meningkatkan kelayakan usaha tani, mengurangi pembiayaan dan risiko usaha tani serta menjaga keberlangsungan usaha tani sawah.

Kelayakan Usaha Tani Sawah dan Penyangga Pangan Beras IKN

Pertanian sawah di Kecamatan Sepaku dan Kecamatan Samboja umumnya mengandalkan sistem tadah hujan dan aliran sungai. Sebagian areal persawahan yang dekat dengan aliran sungai dapat ditanami padi sebanyak 2 kali musim tanam selama setahun. Sementara areal sawah tadah hujan hanya bisa diolah dan ditanami padi sebanyak 1 kali musim tanam selama 1 tahun. Usaha tani padi sawah dan padi gogo relatif fluktuatif karena dipengaruhi harga dan risiko, namun secara umum pertanian sawah jauh lebih baik dari sisi usaha tani karena lebih profitabel dan memiliki masa tanam 2 kali setiap 1 tahun. Gambaran hasil usaha tani padi sawah dan padi gogo ditinjau dari sisi kelayakan usaha tersaji pada Tabel 5.

Pertanian padi sawah di Kecamatan Sepaku berdampak terhadap pembangunan IKN. Mulanya harga beras tingkat petani sekitar Rp 8,000 – Rp 9,000 per Kg. Pembangunan IKN berdampak pada meningkatnya permintaan beras oleh pekerja pembangunan, kunjungan pemerintah pusat dan daerah serta wisata lokal sehingga memengaruhi harga beras petani. Saat ini, harga beras pada tingkat petani stabil pada kisaran Rp 12,000 per Kg. Interaksi IKN dengan daerah sekitar mulai terbuka salah satunya ditandai dengan aliran mobilitas orang dan aliran beras dari daerah penyangga. Ini yang memengaruhi harga beras stabil pada tingkat Rp 12,000 per kg. Sementara harga beras di Kecamatan Babulu (daerah penyangga) belum sebaik dengan harga beras di Kecamatan Sepaku, yaitu sekitar Rp 10,000 per Kg.

Tabel 5. Gambaran usaha tani padi sawah dan padi gogo wilayah IKN

Keterangan	Padi sawah	Padi gogo
NPV	Rp 4,686,879 – Rp 10,549,435	Rp (- 344,956) – Rp 1,054,565
B/C	2.72 – 4.89	0.7-1.6
IRR	24% - 37%	9-12.6%
Tanam	2 kali tanam setahun	1 kali tanam setahun
Harga beras	Rp 9,000 – Rp 12,000	Rp 13,000 – Rp 15,000
Luas areal	0.5 Ha	1 Ha
Produksi beras	1.7 ton – 1.99 ton	1 ton – 1.1 ton
Wilayah survei	Kecamatan Sepaku	Kecamatan Samboja

Pertanian padi sawah yang diolah dengan perlakuan baik seperti sistem tanam jajar legowo, penggunaan input usaha tani yang seimbang, pencegahan hama dan penyakit serta penggunaan tenaga kerja yang optimal dapat menghasilkan produksi dan produktivitas yang optimal pula. Petani yang menggunakan sistem jajar legowo mampu menghasilkan produksi gabah kering panen sekitar 3 ton – 3.5 ton per 0.5 Ha. Perkiraan rendemen sekitar 57 persen sehingga konversi menjadi beras sekitar 1.71 ton – 1.99 ton per 0.5 Ha.

Usaha tani pertanian intensif secara ekonomi layak diusahakan di Kecamatan Sepaku dengan pertimbangan nilai NPV pada kisaran Rp 4,686,879 – Rp 10,549,435 dan B/C rasio pada kisaran 2.72 – 2.89. Selanjutnya nilai IRR pada rentan 24 persen – 37 persen selama 2 kali musim tanam setiap setahun. Perkiraan harga padi sawah pada rentan harga Rp 9,000 – Rp 12,000 di Sepaku. Capaian ini dengan asumsi proses budidaya berjalan lancar tanpa hama, kondisi keasaman dapat kendalikan, banjir tidak berlangsung lama dan kondisi iklim mendukung. Namun capaian seperti ini tidak sepenuhnya mampu dicapai oleh petani lain (baik di Sepaku dan Babulu) yang memiliki keterbatasan modal, pengetahuan, pengalaman, akses pasar dan minim pendampingan. Petani yang memiliki keterbatasan seringkali menghasilkan pendapatan usaha tani yang rendah sehingga usaha budidaya sawah kurang layak. Hasil FGD dengan berbagai stakeholders adalah telah terjadi alih fungsi komoditas dari usaha tani sawah berubah menjadi usaha tani perkebunan sawit sekitar 100 ha di Kecamatan Babulu. Hal ini terjadi karena petani menganggap usaha tani perkebunan sawit lebih memberikan harapan pendapatan dan kesejahteraan.

Bila alih fungsi komoditas usaha tani tidak dapat dikendalikan oleh pemerintah, maka produksi pangan beras dapat terus turun. Ini memengaruhi luasan potensial sawah semakin menurun sehingga dalam jangka panjang berdampak pada penyediaan pangan beras IKN. Usaha tani sawah harus memberikan harapan secara ekonomis bagi petani, dari sisi pendapatan. Usaha tani yang layak memberikan harapan bagi petani untuk tetap mempertahankan usaha tani padi sawah, sekaligus meningkatkan peran daerah sebagai penyangga pangan IKN.

Berbeda jauh dengan usaha tani padi sawah, usaha tani padi ladang jauh lebih kecil keuntungannya, bahkan risiko memperoleh hasil tidak layak secara ekonomis. Produksi gabah kering panen padi gogo sekitar 1 ton – 1.1 ton per Ha. Perkiraan rendemen sekitar 50 persen - 55 persen sehingga konversi menjadi beras sekitar 1 ton – 1.1 ton. Usaha tani padi ladang secara ekonomi layak (bisa tidak layak) diusahakan di Kecamatan Samboja dengan pertimbangan nilai NPV pada kisaran Rp (-344,956 – Rp 1,054,565) dan B/C rasio pada kisaran 0.7 – 1.6. Selanjutnya nilai IRR pada rentan 9 persen – 12.6 persen selama 1 kali musim tanam setiap setahun. Perkiraan harga beras padi gogo nilai yaitu Rp 13,000 – Rp 15,000 di Samboja.

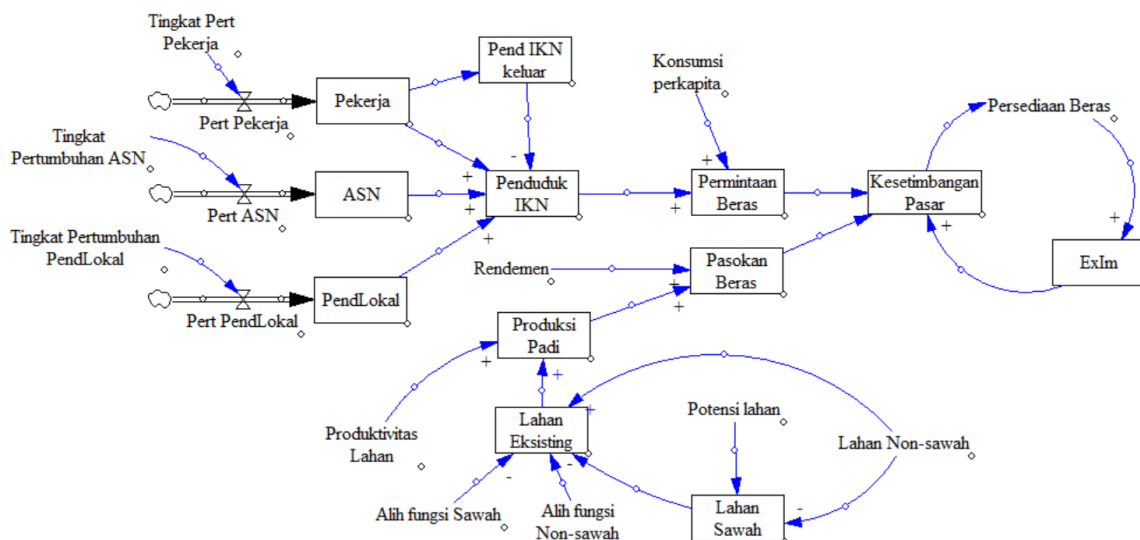
Sekitar 80% areal lahan kering yang dimanfaatkan untuk produksi padi gogo tergolong tidak subur²⁵. Tingkat kesuburan tanah yang rendah ini antara lain disebabkan oleh reaksi fisiko-kimia yang berlangsung dalam kondisi aerobik dan oksidatif yang menyebabkan kemasaman tanah dan ketidaktersediaan unsur hara bagi tanaman²⁶. Unsur hara yang sering tidak tersedia pada lahan kering adalah fosfor (P), besi (Fe), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan seng (Zn)^{26,27}. Hal ini yang menyebabkan usaha tani padi gogo tidak layak jika pengolahan lahan tidak diolah dengan baik.

Petani yang bisa mengolah lahan dengan baik adalah petani yang memiliki keterampilan dan pengetahuan tentang budidaya padi gogo. Keterbatasan pengetahuan dan keterampilan menyebabkan usaha tani padi gogo/ladang berisiko tidak layak secara ekonomis. Petani belum mampu mengatasi dengan baik tingkat kemasaman tanah. Teknik pengolahan kapur untuk menetralkan kemasaman tanah belum mampu dimanfaatkan dengan baik oleh petani. Selanjutnya kadar dosis pupuk secara benar untuk padi gogo tidak dilakukan oleh petani karena kendala biaya. Penggunaan tenaga kerja untuk merawat budidaya padi gogo sangat terbatas sehingga pemeliharaan tidak optimal, produksi padi gogo juga menjadi tidak optimal dan skala usaha tani menjadi tidak layak.

Model Sistem Dinamik Pangan Beras IKN

Model pasokan dan permintaan pangan (beras) di IKN ini disusun dalam bentuk kesisteman yang dinamis, dan oleh karenanya diestimasi melalui pendekatan *System Dynamics*. Metode pendekatan ini pertama kali diperkenalkan oleh Forrester dari MIT pada tahun 1960-an²⁸. Model kesisteman ini tersusun atas tiga bagian pokok sub-sistemnya. Masing-masing adalah sub-sistem permintaan akan beras, sub-sistem pasokan beras dan dilengkapi pula dengan sub-sistem persediaan beras. Pada sub-sistem permintaan, beras yang diminta di wilayah IKN terkait erat dengan jumlah penduduk yang tinggal di wilayah tersebut dan konsumsi beras per kapita. Penduduk yang digunakan dalam model ini, terbagi menjadi kelompok penduduk lokal, Aparatur Sipil Negara (ASN) pendatang, termasuk di dalamnya polisi dan TNI (Tentara Nasional Indonesia) serta para pekerja yang datang untuk melaksanakan pembangunan fisik di IKN.

Sementara pada sub-sistem pasokan, beras yang dihasilkan dipengaruhi oleh luas dan produktivitas lahan serta rendemen dari gabah kering produksi padi. Sub-sistem ketersediaan beras berkaitan erat dengan keseimbangan permintaan dan pasokan, penyediaan beras oleh pemerintah dan swasta serta impor dan ekspor beras. Impor dan ekspor beras ini mencakup perpindahan komoditas beras, baik antar wilayah di Provinsi Kalimantan Timur maupun antar provinsi. Kalimantan Timur umumnya mendatangkan beras dari Provinsi Jawa Timur dan Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam hal ini masing-masing sub-sistem terdiri atas berbagai variabel yang saling terkait di dalam kesisteman. Keterkaitan antar variabel dalam model keseluruhannya ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Model permintaan dan pasokan beras IKN

Informasi dan data pada Gambar 5 diperoleh dari hasil kunjungan lapangan di Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara pada bulan Juli 2023. Data dan informasi yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai asumsi yang mendasari simulasi model sistem dinamik. Informasi dari survei lapangan di wilayah IKN tersebut dilengkapi pula dengan data sekunder dari berbagai publikasi BPS baik publikasi nasional maupun daerah. Publikasi daerah didapatkan dari Kantor BPS Provinsi Kalimantan Timur²⁹, BPS Kabupaten Penajam Paser Utara¹², BPS Kabupaten Kutai Kartanegara¹³, BPS Kecamatan Sepaku³⁰, serta BPS Kecamatan

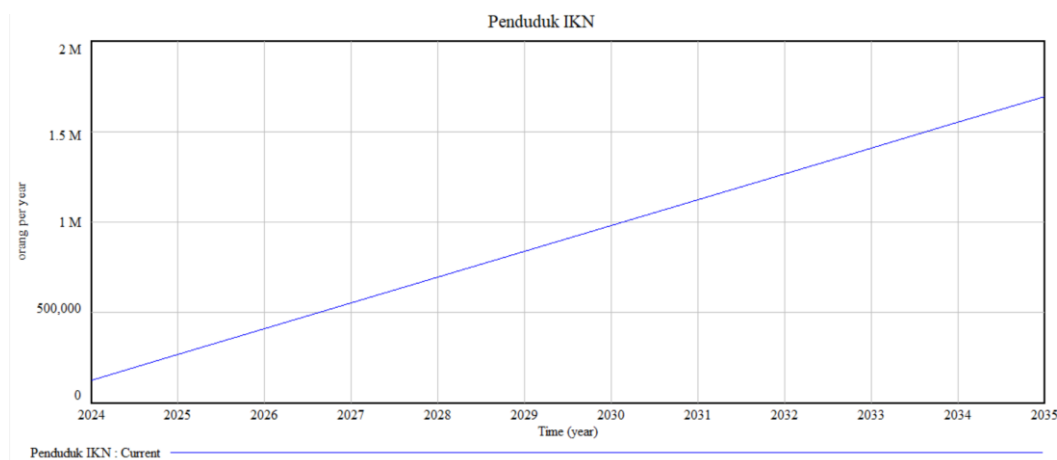
Samboja³¹. Sumber data sekunder lainnya juga diperoleh dari wawancara dan FGD bersama Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda). Data primer dan sekunder tersebut selanjutnya digunakan sebagai asumsi dasar yang sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6. Asumsi dasar model sistem dinamik pangan beras IKN

Asumsi Dasar Parameter		
Keterangan	Jumlah	Unit
Aparatur Sipil Negara	16,990	Orang
Pertumbuhan ASN	10	persen
Penduduk lokal	175,000	orang
Pertumbuhan penduduk lokal	1.2	persen
Pekerja masuk	7,000	orang
Penduduk IKN keluar	2	persen
Konsumsi beras perkapita	110	Kilogram/tahun
Potensi lahan	29,199.63	hektar
Lahan sawah	1,725.16	hektar
Lahan non-sawah	27,373.37	hektar
Alih fungsi lahan	10	persen
Produktivitas lahan	3 – 3.5	ton/hektar
Persediaan beras	500	ton
Rendemen gabah kering	60	persen

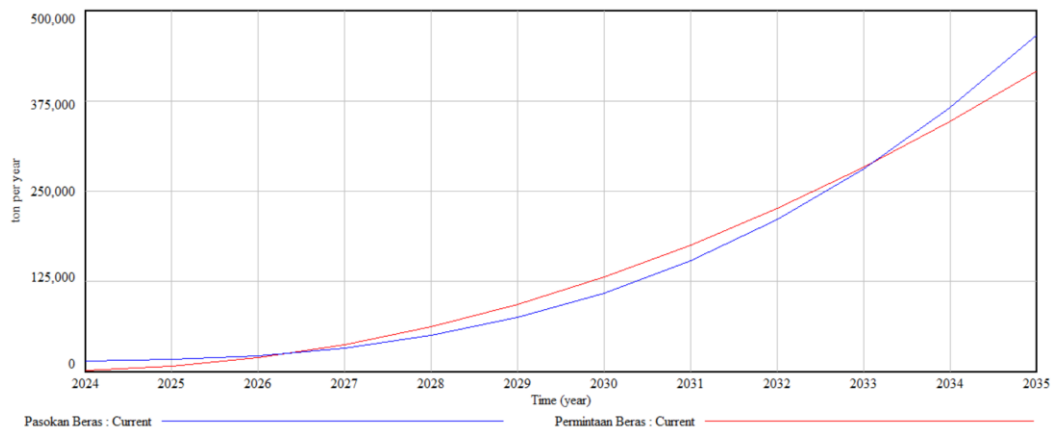
Sumber : Data lapangan dan publikasi BPS Nasional dan Daerah

Hasil simulasi model sistem dinamik pada kajian ini memprediksikan penduduk di wilayah IKN pada tahun 2035 akan berjumlah sekitar 1,695 juta jiwa (Gambar 6). Jumlah ini sedikit lebih besar daripada yang diperkirakan oleh Otoritas IKN. Otoritas IKN memperkirakan jumlah penduduk sebesar itu di wilayah IKN baru akan dicapai pada akhir tahun 2045, sedangkan pada tahun 2035 jumlah penduduk baru mencapai 1.0 hingga 1.2 juta jiwa. Sementara itu dari kajian penelitian lain³⁵ diperkirakan jumlah penduduk di wilayah IKN pada tahun 2024 akan berjumlah sekitar 1.5 juta jiwa.



Gambar 6. Jumlah penduduk IKN 2024 -2035

Meningkatnya jumlah penduduk yang mendiami wilayah IKN tentu saja juga akan meningkatkan permintaan akan pangan, termasuk beras sebagai makanan pokoknya. Peningkatan permintaan akan beras dari tahun 2024 hingga tahun 2035 tidak berlaku secara linear. Hasil simulasi menunjukkan suatu pertambahan yang non-linear. Demikian pula pasokan beras pada periode waktu yang sama. Gambar 7 menunjukkan pola yang menarik atas kecenderungan peningkatan baik permintaan maupun pasokan beras di IKN.



Gambar 7. Pasokan dan permintaan beras di IKN 2024 – 2035

Wilayah IKN adalah wilayah yang berada pada Kecamatan Sepaku di Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kecamatan Samboja serta Kecamatan Muara Jawa di Kabupaten Kutai Kartanegara. Kedua kabupaten ini sebenarnya merupakan produsen utama padi di Provinsi Kalimantan Timur. Oleh karenanya jika produksi yang dihasilkan hanya dikonsumsi oleh penduduk di wilayah kedua kabupaten tersebut, maka impor yang didatangkan dari luar Provinsi Kalimantan Timur tidak diperlukan. Selama ini provinsi ini mengimpor beras dari Jawa dan Sulawesi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi beras seluruh penduduknya di Kalimantan Timur.

Gambar 7. memperlihatkan sedikit konsistensi dengan data pertanian tanaman pokok pangan di Kalimantan Timur, khususnya di wilayah IKN. Pada dua tahun pertama, wilayah IKN masih mengalami surplus beras karena produksi melebihi permintaan. Dalam hal ini pada tahun 2025 pasokan beras diperkirakan berjumlah 16,755 ton sementara permintaan beras sebesar 15,625 ton. Jumlah ini meningkat dari tahun sebelumnya dimana mulai terjadi kedatangan penduduk baru di wilayah IKN.

Namun pada tahun-tahun berikutnya terjadi situasi defisit beras karena permintaan beras lebih besar daripada pasokannya. Peningkatan permintaan ini terutama disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk yang diperkirakan akan mendiami wilayah IKN. Mereka adalah para Aparatur Sipil Negara (ASN) termasuk TNI dan Polisi beserta keluarganya. Ditambah lagi dengan para pekerja yang sedang terus membangun konstruksi fisik di IKN. Penduduk lokal yang sejak semula tinggal di wilayah ini juga termasuk sebagai penduduk wilayah IKN. Karena jumlah penduduk ini meningkat dari tahun ke tahun, maka permintaan beras juga akan meningkat. Peningkatan penduduk ini (mulai pada tahun ketiga) tampaknya sudah tidak sepenuhnya dapat dipenuhi oleh produksi pertanian beras di wilayah IKN. Meskipun situasi ini masih tertolong oleh pasokan beras dari wilayah Kecamatan Babulu di Kabupaten Penajam Paser Utara dan kecamatan lain di Kabupaten Kutai Kartanegara.

Defisit pasokan dan permintaan beras di IKN sepanjang tahun 2026 hingga 2033 terjadi karena produktivitas padi relatif tetap, sementara itu lahan yang tersedia berkurang dan ditambah dengan penurunan kualitasnya, sehingga hal ini akan menurunkan produksi padi. Penurunan kondisi ini menyebabkan panen padi dan juga pasokan beras tidak lagi mampu mendukung meningkatnya permintaan beras oleh pertambahan penduduk.

Situasi defisit beras ini tentu saja akan menjadi fokus bagi para pemangku kepentingan, baik di wilayah IKN, maupun Kabupaten Penajam Paser Utara, Kabupaten Kutai Kartanegara, serta Provinsi Kalimantan Timur. Mereka harus bergerak bersama untuk menanggulangi kondisi tersebut. Sektor pertanian akan mendapat perhatian untuk dibangun dan dikembangkan melalui ekstensifikasi maupun intensifikasi pertanian padi. Salah satu upaya yang harus dilakukan adalah perbaikan prasarana pertanian di IKN. Dengan diselesaikannya pembangunan Bendungan Semoi di Sepaku, maka masih dibutuhkan tenggat waktu untuk dapat digunakan dalam meningkatkan produksi panen padi. Selang waktu ini terjadi karena pembangunan bendungan tersebut juga memerlukan pembangunan sarana infrastruktur pengairan lainnya untuk mengalirkan air ke lahan-lahan sawah. Setelah diselesaikannya pembangunan pengairan untuk pertanian dan perbaikan kualitas lahan, maka produksi pertanian pangan (padi) dapat ditingkatkan pada tahun-tahun terakhir sesuai simulasi model ini (Gambar 7). Pada situasi ini diprediksi pasokan beras akan dapat melebihi permintaannya. Peraturan pemerintah No 16 Tahun 2004³² tentang penataan tata guna tanah dan UU. No. 26 Tahun 2007³³ tentang Penataan Ruang juga akan ikut berperan dalam peningkatan produksi pertanian pangan.

Simulasi model ini memperlihatkan bahwa pada tahun 2033 peningkatan produksi padi, gabah kering, dan beras diperkirakan akan sudah dapat mengatasi masalah defisit perberasan. Selain itu kebijakan publik yang mendorong perubahan pola konsumsi beras dan menggantikannya dengan sumber protein lain akan dapat menekan konsumsi beras per kapita dari semula 110 kg/kapita per tahun menjadi lebih rendah lagi. Sampai dengan akhir periode simulasi dalam model, pasokan beras akan mengalami surplus karena produksi lebih besar daripada

permintaannya. Dalam simulasi model (Gambar 7) jumlah pasokan beras pada tahun 2035 diproyeksikan mencapai 465 ribuan ton, sementara itu permintaannya mencapai 424 ribuan ton.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. 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 BIMA.

Luaran penelitian berupa jurnal ditulis sebagai bentuk hasil identifikasi potensi lahan pangan beras di IKN. Luaran dalam bentuk publikasi dengan judul artikel ‘Mapping the potential rice field and the feasibility of rice farming business in Ibu Kota Negara (IKN)’ telah tersubmit di Jurnal South of Russia: ecology, development yang merupakan jurnal internasional terindex Scopus dengan e-ISSN: 2413-0958 (terlampir dalam unggahan bukti di akun Bima) dengan status *awaiting assignment* sejak 1 Oktober 2023.

Adapun hasil rancangan dan proyeksi produksi pangan beras IKN dengan model sistem dinamik telah tersubmit dengan judul artikel ‘Projections and policy on the availability of rice in Ibu Kota Negara (IKN)’ pada jurnal Sustainability in Debate sejak 9 Desember 2023 yang merupakan jurnal internasional terindex Scopus dengan e-ISSN: 2179-9067 (terlampir di akun Bima). Jurnal ini merupakan jurnal yang disubmit tetapi tidak dijanjikan sebagai luaran tambahan oleh penulis.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

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.

Beberapa kendala yang dihadapi selama observasi lapangan dan pengambilan data antara lain adalah aksesibilitas yang belum merata di wilayah kajian dan belum semua akses dapat ditembus oleh kendaraan roda empat, sehingga rencana pengambilan sampel pada area tertentu yang sulit diakses dialihkan ke lokasi lain. Terbatasnya dana memengaruhi jumlah hari kerja di lapangan, jumlah sampel tanah untuk analisis di laboratorium serta jenis analisis esensial untuk mengetahui kesuburan tanah. Selain itu, proses analisis tanah juga merupakan kendala karena membutuhkan waktu yang cukup lama (± 2 bulan) sejak pengiriman sampel dikarenakan antrian yang cukup panjang di laboratorium.

Pelaksanaan FGD yang dilakukan di Dinas Ketahanan Pangan Kabupaten Kutai Kartanegara (Kukar) hanya dihadiri oleh beberapa *stakeholder* pemerintah daerah saja, harapannya dihadiri oleh perwakilan Bappeda Litbang, Dinas Pertanian, Pekerjaan Umum, dll., sehingga informasi yang diperoleh peneliti menjadi lebih komprehensif terkait dengan kebijakan pangan beras di Kabupaten Kutai Kartanegara.

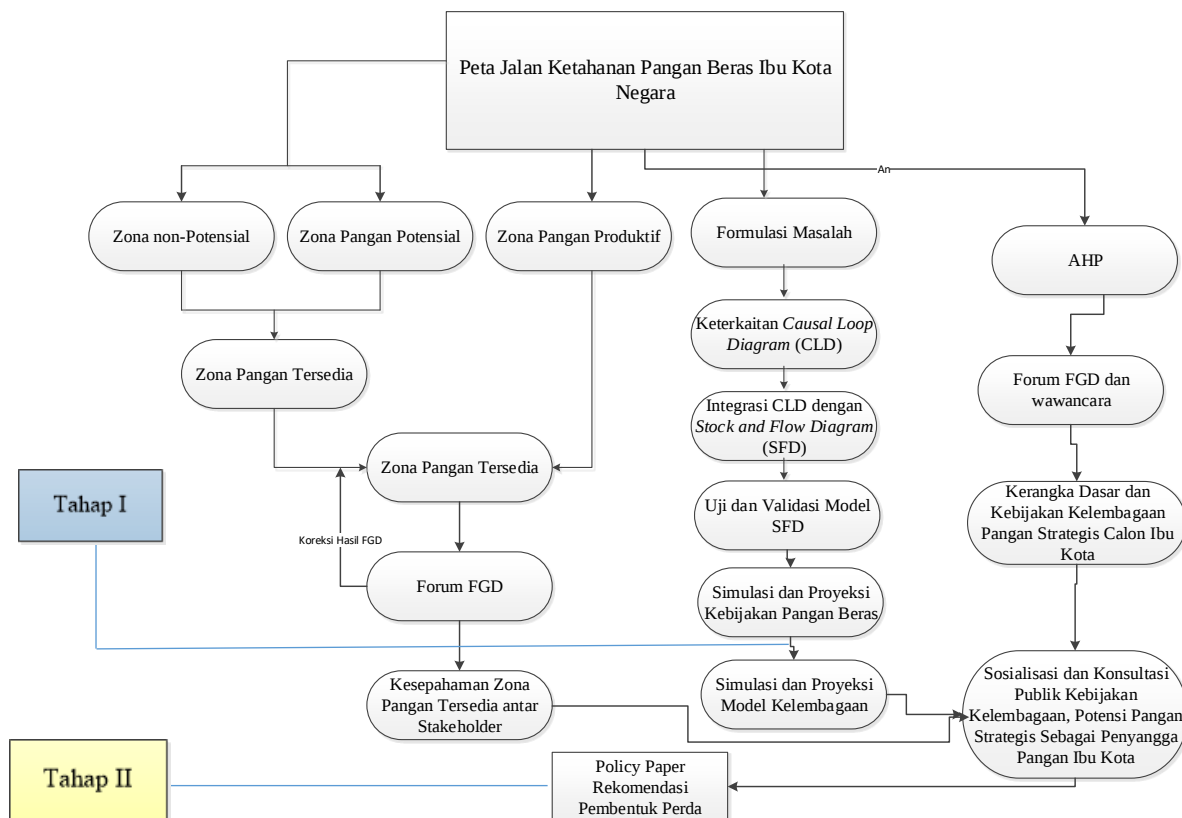
Kendala dalam publikasi di jurnal internasional masih dalam status menunggu sejak disubmit pada tanggal 1 Oktober 2023 hingga laporan akhir ini dibuat. Oleh karena itu tim berusaha untuk mesubmit jurnal kedua sebagai luaran tambahan untuk mengantisipasi kewajiban penelitian yang belum terselesaikan.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana tahap selanjutnya sesuai dengan proposal yang telah diajukan, penelitian ini akan berjalan hingga tahun kedua. Tahun pertama dimaksudkan untuk menjawab tujuan penelitian pada poin satu dan dua yakni mengidentifikasi potensi lahan pangan beras IKN dan merancang serta memproyeksi produksi pangan beras IKN. Kedua poin tersebut telah terlaksana pada tahun pertama. Sementara tujuan ketiga yakni memformulasi kelembagaan dan regulasi yang tepat untuk mendukung kemandirian pangan beras IKN berkelanjutan akan

dilakukan pada tahun kedua dengan harapan menghasilkan proyeksi model kelembagaan pangan beras dan *policy paper*.

Sebagaimana yang tertera pada diagram alir penelitian tahap kedua (Gambar 8), rencana penelitian akan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP merupakan metode penelitian yang menguraikan masalah dengan beragam faktor dan kriteria yang kompleks ke dalam bentuk hirarki. AHP digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas kebijakan pangan beras dengan memperhatikan dan mempertimbangkan prioritas relatif serta memilih alternatif terbaik terkait kebijakan pangan beras. Metode ini akan dilakukan melalui teknik wawancara dan FGD.



Gambar 8. Diagram alir penelitian pangan beras IKN

Penelitian tersebut akan dimulai dengan kunjungan lapang dan FGD di IKN, dilanjutkan dengan konsultasi publik di DKI Jakarta dengan mengundang *stakeholder* terkait, memproyeksi kelembagaan pangan beras, membuat kerangka dasar terkait kebijakan kelembagaan pangan beras hingga pembuatan *policy paper* sebagai bahan penyusunan peraturan daerah.

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. Eviati S, Sulaeman M. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 2009. 246 halaman.
2. Balai Penelitian Tanah. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Pusat Penelitian dan Tanah Agroklimat. Bogor. 1995. 215 halaman
3. Culman SW, Brock C, Doohan D, Jackson-Smith D, Herms C, Chaganti VN, Kleinhenz M, Sprunger CD, Spargo J. Base cation saturation ratios vs. sufficiency level of nutrients: A false dichotomy in practice. *Agronomy Journal*. 2021. 113(6), 5623–5634. <https://doi.org/DOI: 10.1002/agj2.20787>
4. Havlin JL, Beaton J, Tisdale S, Nelson W. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 2005. Pretice Hall, New Jersey.
5. Tan KH. Principles of soil chemistry. 2010. CRC press.

6. Ginting RGR, Razali R, Nasution Z. Pemetaan status unsur hara C-organik dan nitrogen di perkebun nanas (*Ananas comosus* L. Merr) rakyat Desa Panribuan Kecamatan Dolok Silau Kabupaten. *Agroekoteknologi*. 2023. 1(4): 1308-1318.
7. Rahmah S, Yusran Y, Umar H. Sifat kimia tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di Desa Bobo Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *Jurnal Warta Rimba*. 2014. 2(1): 88-95.
8. Sakti P, Purwanto P, Minardi S, Sutopo S. The availability status of macronutrients (N, P, and K) of paddy soil with technical and rainfed irrigation in Karanganyar industrial area, Central Java. *International Journal of Bonorowo Wetlands*. 2011. 1(1): 8–19.
9. Tomašić M, Zgorelec Ž, Jurišić A, Kisic I. Cation exchange capacity of dominant soil types in the Republic of Croatia. *Journal of Central European Agriculture*. 2013. 14(3): 84–98.
10. Pinatih I, Kusmiyarti TB, Susila KD. Evaluasi status kesuburan tanah pada lahan pertanian di Kecamatan Denpasar Selatan. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 2015. 4(4): 282–292.
11. Setyorini D, Widowati LR, Rochayati S. Teknologi pengelolaan hara lahan sawah intensifikasi. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanah Dan Agroklimat. 2004.
12. Badan Pusat Statistik (BPS) Kutai Kartanegara. Kabupaten Penajam Paser Utara Dalam Angka 2023 [internet]. 2023 [disitasi 1 Agustus 2023]. Tersedia pada <https://ppukab.bps.go.id/publication.html>
13. Badan Pusat Statistik (BPS) Kutai Kartanegara. Kabupaten Kutai Kartanegara Dalam Angka 2023 [internet]. 2023 [disitasi 1 Agustus 2023]. Tersedia pada <https://kukarkab.bps.go.id/publication.html>.
14. Siaran Pers Otorita Ibu Kota Nusantara. ASN Menanti Kehidupan yang Lebih Baik di IKN [internet]. 2022 [disitasi 1 Agustus 2023]. Tersedia pada <https://www.ikn.go.id/storage/press-release/2023/20230325.siaran-pers-asn-menanti-kehidupan-yang-lebih-baik-di-ikn.pdf>.
15. Republika. Jumlah Pekerja IKN Capai 9713 orang [internet]. 2023 [disitasi 1 Agustus 2023]. Tersedia pada <https://news.republika.co.id/berita/rz9yk2383/jumlah-pekerja-ikn-capai-9713-orang>.
16. Badan Pusat Statistik (BPS). Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi di Provinsi Kalimantan Timur 2022. Jakarta: BPS RI; 2023.
17. Badan Pusat Statistik. Rata-rata Konsumsi Perkapita Seminggu Menurut Komoditi Makanan dan Golongan Pengeluaran per Kapita Seminggu [internet]. 2022 [disitasi 1 Agustus 2023]. Tersedia pada <https://www.bps.go.id/statictable/2021/08/10/2157/rata-rata-konsumsi-dan-pengeluaran-perkapita-seminggu-menurut-komoditi-makanan-dan-golongan-pengeluaran-per-kapita-seminggu-di-provinsi-kalimantan-timur-2018-2021.html>
18. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2022 [internet]. 2022 [disitasi 2 Agustus 2023]. Tersedia pada https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku_Statistik_Konsumsi_2022.pdf.
19. Zaini A. Analisis kebutuhan dan kemampuan penyediaan pangan di Kalimantan Timur. Dalam: Prosiding Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia (FKPTPI) Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. 2018. p. 747 – 757.
20. Adi A, Rachmina D, Krisnamurthi YB. Neraca ketersediaan beras di Kalimantan Timur sebagai calon ibu kota baru Indonesia dengan pendekatan sistem dinamik. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 2021;19(2): 207 – 218. <http://dx.doi.org/10.21082/akp.v19n2.2021.207-218>.
21. Somantri AS, Luna P, Arsanti IW, Waryanto B. Analisis sistem dinamik untuk evaluasi pencapaian swasembada beras melalui program upaya khusus. *Informatika Pertanian*. 2020; 29(2): 95 – 110.
22. Badan Pusat Meteorologi. Klimatologi dan Geofisika Samarinda. Buletin Prakiraan Musim Hujan 2022/2023 Provinsi Kalimantan Timur. Samarinda; 2023.
23. Amiri A, Mehrjerdi YZ, Jalalimanesh A, Sadegheih A. Food system sustainability investigation using system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*. 2020. 277: 1 – 12. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124040>.
24. Tonnang HFZ, Sokame BM, Wamalwa M, Niassy S, Muriithi BW. System dynamics modeling for assessing the impact of COVID-19 on food supply chains: A case study of Kenya and Rwanda. *Sustainability*. 2023. <https://doi.org/10.3390/su15064717>.
25. Toha HM, Pirngadi K, Permadi K, Fagi AM. Meningkatkan dan memantapkan produktivitas dan produksi padi gogo. Dalam: Daradjat AA, Setyono A, Makarim AK, Hasanuddin A (Eds.). LIPI Press. Jakarta; 2009.
26. Fagi AM, Toha HM, Baharsyah JS. Potensi padi gogo dalam swasembada beras. Dalam: Kasryno F, Pasandaran E, Fagi AM (Eds.). *Ekonomi Padi dan Beras Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta; 2004. p.347-372.
27. Doberman A, Fairhurst T. Rice nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute. Manila; 2000. p.191.
28. Forrester JW. "The Beginning of System Dynamics", paper presented at the International meeting of the System Dynamics Society, Stuttgart, Germany, July 13, 1989. Diunduh dari <https://web.mit.edu/sysdyn/scd-intro/D-4165-1.pdf>. Oct, 24, 2020.

29. Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Timur 2023. Provinsi Kalimantan Timur Dalam Angka. [internet]. 2023 [disitasi 1 November 2023]. Tersedia pada: <https://kaltim.bps.go.id/publication/2023/02/28/7a58231d5aa2f5a7b4d5c36a/provinsi-kalimantan-timur-dalam-angka-2023.html>
30. Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Penajam Paset Utara 2022. Kecamatan Sepaku Dalam Angka 2021. [internet]. 2023 [disitasi 1 November 2023]. Tersedia pada: <https://penajamkab.go.id/wp-content/uploads/2022/05/Kecamatan-Sepaku-Dalam-Angka-2021.pdf>
31. Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kutai Kartanegara 2023. Kecamatan Samboja Dalam Angka 2021. [internet]. 2023 [disitasi 1 November 2023]. Tersedia pada: <https://kukarkab.bps.go.id/publication/2021/09/24/9fd724bd54906c94322f9f5a/kecamatan-samboja-dalam-angka-2021.html>
32. Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2004. [internet]. 2023 [disitasi 1 November 2023]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/51840/pp-no-16-tahun-2004>.
33. Undang-Undang No. 26 Tahun 2007. [internet]. 2023 [disitasi 1 November 2023]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39908/uu-no-26-tahun-2007>.