



FEED THE FUTURE

The U.S. Government's Global Hunger & Food Security Initiative



Situasi industri pertanian digital

Ringkasan Eksekutif

Memfaatkan potensi digital untuk mempengaruhi pertanian. Rantai nilai di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah



BEANSTALK

Ringkasan Eksekutif





TEMUAN UTAMA

Selama dekade terakhir, kita telah menyaksikan ledakan pasokan global inovasi digitalisasi pertanian (D4Ag). Di seluruh kawasan yang menjadi fokus laporan ini—Amerika Latin dan Karibia (LAC), Asia Selatan (SA), Asia Tenggara (SEA), dan Afrika Sub-Sahara (SSA) (selanjutnya secara kolektif disebut sebagai “LMIC” (negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah)—kami mengidentifikasi hampir sebanyak **1.400 solusi D4Ag yang saat ini berstatus aktif**. Solusi-solusi ini mewakili enam penggunaan D4Ag yang berbeda: Penasihat & Informasi, Keterkaitan & Akses Pasar, Akses Keuangan, Manajemen Rantai Pasokan, Manajemen & Efisiensi Perusahaan, dan Litbang Perusahaan. Proporsi terbesar berada di Afrika Sub-

Sahara (50%), meskipun sebagian besar solusi D4Ag berada di **wilayah Asia Selatan (21%)** dan **Amerika Latin dan Karibia (18%)**. Walaupun **Asia Tenggara** menunjukkan tingkat pertumbuhan terbesar dari jumlah solusi D4Ag dibandingkan wilayah mana pun selama lima dan sepuluh tahun terakhir, Asia Tenggara masih menyumbang porsi yang relatif kecil dari total (7%). Sisanya (~4%) berstatus aktif, namun kantor pusatnya berada di luar wilayah LMIC (yaitu, di Amerika Utara, Eropa, Asia Timur Laut, atau Timur Tengah).

Pertumbuhan jumlah solusi D4Ag melambat. Meskipun **hampir separuh dari seluruh solusi D4Ag berstatus aktif dimulai dalam lima tahun terakhir di LMIC**, terdapat penurunan konsisten yang sangat terasa dalam laju tahunan masuknya solusi D4Ag baru ke pasar. Tingkat pertumbuhan

1,400 SOLUSI D4AG YANG SAAT INI BERSTATUS AKTIF

50%

21%

18%

7%

4%

Afrika Sub-Sahara

Asia Selatan

Amerika Latin dan Karibia

Asia Tenggara

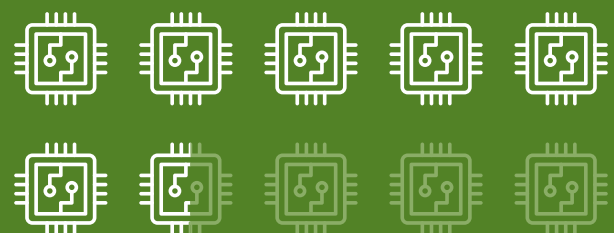
Sisanya

tahunan kumulatif (CAGR) dalam jumlah solusi D4Ag dari **tahun 2012 hingga 2018 (33% per tahun)** tiga kali lebih besar dibandingkan dengan empat tahun berikutnya, dari **tahun 2018 hingga 2022 (9% per tahun)**. Tren perlambatan ini umum terjadi di setiap wilayah, termasuk negara-negara yang relatif baru di Asia Tenggara. Perlambatan ini tentunya memperlihatkan perpaduan antara peningkatan kematangan pasar, konsolidasi, rasionalisasi, dan bahkan dampak COVID-19—terutama ketika inovator sub-skala mulai menutup usahanya dan beberapa perusahaan investasi ventura telah berada di ujung tanduk.

Inovasi D4Ag (perlahan-lahan) melambat. **Hanya 10 pasar yang mewakili sumber dari 67% solusi**

Hanya **10 pasar yang** mewakili sumber dari

67% solusi D4Ag berstatus aktif di LMIC



SOLUSI D4AG – KAWASAN



61%

di Amerika Latin dan Karibia
berkantor pusat di Brasil

86%

di Asia Selatan berkantor pusat di India

45%

di Afrika Sub-Sahara berasal
dari Kenya dan Nigeria

49%

di Asia Tenggara dengan
kantor pusat di Singapura dan
Indonesia

D4Ag berstatus aktif di LMIC. Meskipun angka ini cukup tinggi, angka ini sedikit menurun dari angka 70% pada lima tahun lalu, dan angka 75% pada tahun 2012. Solusi D4Ag yang aktif di LMIC kini berasal dari **81 negara**, naik dari 71 negara pada tahun 2018 dan 42 negara pada tahun 2012. Meskipun setiap wilayah LMIC memperlihatkan struktur pasar yang berbeda secara mendasar, keberadaan “pusat” inovasi D4Ag regional terlihat jelas: 61% solusi D4Ag di Amerika Latin dan Karibia berkantor pusat di **Brasil**. **86%** solusi D4Ag di Asia Selatan berkantor pusat di India. 45% solusi D4Ag di Afrika Sub-Sahara berasal dari **Kenya dan Nigeria**—**69%** dari kedua negara tersebut ditambah Ghana, Afrika Selatan, dan Tanzania. Desentralisasi ini terjadi di wilayah startup LMIC yang paling padat penduduknya di D4Ag, dapat menandakan penyebaran serupa di wilayah LMIC lainnya.



TANTANGAN



58%

Akses terhadap pendanaan



38%

Kesulitan dalam penerapan pengguna



31%

kurangnya sumber daya manusia terampil



23%

Infrastruktur pendukung yang buruk



19%

kendala regulasi



JANGKAUAN & PENERAPAN

Jangkauan D4Ag terus meningkat, meskipun masih banyak ruang yang tersisa. Di seluruh LMIC,

kami memperkirakan bahwa solusi D4Ag telah mengumpulkan ~50 juta pengguna aktif.

Jumlah ini berjumlah sekitar 10% dari rumah tangga petani kecil di LMIC dan berkembang pesat.¹

Dalam skenario positif, kami memperkirakan jumlah ini akan meningkat menjadi 224 juta petani yang aktif menggunakan solusi D4Ag pada tahun 2030, sehingga mencapai CAGR sebesar 16%.

Namun, kami perlu mengklarifikasi bahwa untuk tujuan laporan ini, ketika berbicara tentang jangkauan dan penerapan D4Ag, kami fokus pada solusi D4Ag yang dibuat secara khusus, tidak termasuk teknologi umum yang mungkin digunakan di bidang pertanian (seperti media sosial atau platform uang seluler, yang terkadang disertakan dalam penelitian lain). Kami juga memperkirakan jumlah “pengguna aktif”, bukan hanya jumlah pendaftar, agar kami dapat mempertimbangkan dampak alat ini terhadap kehidupan ekonomi dan sosial petani. Lihat Bab 2 untuk keterangan lebih lanjut.

Lebih dari separuh pendaftar saat ini berasal dari Asia Selatan—khususnya, India—di mana kami

telah mengamati beberapa pionir D4Ag yang jumlah pendaftarnya mencapai lebih dari 15 juta dan melihat beberapa lainnya tumbuh dari awal menjadi >2,5 juta pengguna terdaftar dalam lima tahun terakhir. Namun, dengan adanya 160 juta petani kecil di India, hal ini masih merupakan tahap awal pertumbuhan sektor ini.

Pertumbuhannya stabil, terutama di kelompok “atas”, di mana jumlah **solusi D4Ag dengan lebih dari satu juta pendaftar** meningkat dari sekitar 11 menjadi 27 pada tahun 2018 hingga 2022. Meskipun pasokan inovasi masih terkonsentrasi, pengguna di seluruh benua mulai ikut serta dalam aksi ini. Inovator Afrika Sub-Sahara adalah yang paling “internasional” (menurut perhitungan kami, pengguna aktif rata-rata 1,6 negara per solusi (sebagian besar di kawasan ini), dibandingkan dengan yang tertinggi berikutnya (1,3) di Amerika Latin dan Karibia); dan 10 solusi D4Ag di Afrika Sub-Sahara dengan jumlah pengguna tertinggi yang teridentifikasi pada tahun 2022 mewakili setidaknya 15 pasar berbeda di kawasan ini. Berdasarkan jumlah pengguna, Asia Tenggara, Amerika Latin, dan Karibia mewakili pangsa yang relatif kecil. Misalnya saja, tidak satu pun wilayah yang memiliki pengguna sebanyak satu juta atau lebih. Di Asia Tenggara, hal ini menunjukkan kombinasi relatif baru lahirnya industri, keragaman, serta perbedaan lanskap budaya dan sosio-ekonomi di seluruh kawasan.

¹ Terdapat 500 juta rumah tangga petani kecil di dunia. Sumber: A Year in the Lives of Smallholder Farmers (worldbank.org)

Namun, di LAC, hal ini lebih mungkin dijelaskan oleh perbedaan umum dalam perpaduan solusi dan demografi petani—lebih banyak solusi manajemen perusahaan dan manajemen rantai pasokan, yang menargetkan penerapan di pertanian skala besar dan/atau melalui klien agribisnis korporat yang menyediakan akses ke sebagian besar peternakan dalam rantai pasokan mereka. Di antara orang-orang yang kami wawancarai (khususnya para pendiri startup D4Ag), tantangan utama yang membatasi pertumbuhan solusi mereka adalah **akses terhadap pendanaan (58%)**. **Sebanyak 38% mengalami kesulitan dalam penerapan pengguna**, sementara **31%** mengalami kendala karena kurangnya sumber daya manusia terampil di wilayah mereka. Infrastruktur pendukung **yang buruk** dan **kendala regulasi** di LMIC juga sering disebut sebagai tantangan utama (masing-masing sebesar **23%** dan **19%** inovator).

Perluasan alat D4Ag kepada perempuan, dan sub-populasi lainnya, masih terbatas. Beberapa tahun terakhir telah terjadi investasi besar dan peningkatan pengetahuan terkait gender & inklusi sosial dalam pertanian (digital), khususnya dalam desain solusi D4Ag yang “inklusif”. Namun tidak jelas apakah hal ini diterapkan secara luas di sektor D4Ag. Berdasarkan perkiraan kami, **rata-rata jumlah pengguna perempuan untuk solusi D4Ag adalah 26%**. Kami yakin bahwa hal ini menunjukkan peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Secara khusus di Afrika Sub-Sahara,

RATA-RATA JUMLAH PENGGUNA PEREMPUAN UNTUK SOLUSI D4AG ADALAH



PERSENTASE PENGGUNA AKTIF ALAT D4AG DESAIN KHUSUS

17% Amerika Latin dan Karibia

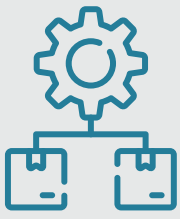
10% Asia Selatan

6% Asia Tenggara

5% Afrika Sub-Sahara

Perkiraan tarif dari usaha pertanian

misalnya, responden survei inovator D4Ag yang kami terapkan menunjukkan bahwa ~36% pengguna adalah perempuan, dibandingkan dengan 25% yang dilaporkan oleh “Laporan Digitalisasi Pertanian Afrika 2018–2019”, ditulis oleh CTA dan Dalberg Advisors pada tahun 2019. Namun mengingat penting peran perempuan dalam rantai nilai pertanian di LMIC, tentu terdapat banyak ruang yang bisa dimanfaatkan. Hanya ada sedikit solusi D4Ag yang teridentifikasi dengan berfokus pada pelibatan perempuan atau sub-populasi lainnya. **Meskipun lebih dari dua pertiga inovator D4Ag yang diwawancarai melaporkan adanya pemilahan data pendaftaran berdasarkan jenis kelamin, hampir tidak ada yang melaporkan penggunaan data tersebut untuk alasan strategis atau operasional** (misalnya, untuk memanfaatkan peluang komersial dari pengguna yang kurang terlayani). **Tidak ada inovator yang kami libatkan atau pun survei, yang melaporkan bahwa mereka mengumpulkan data registrasi yang dipilah berdasarkan faktor sosiodemografi selain dari jenis kelamin dan usia.** Dengan demikian, perluasan alat D4Ag ke sub-populasi lain (yaitu, kemampuan, pribumi, orientasi seksual, dan status minoritas) masih belum diketahui. Yang diketahui adalah bahwa hampir tidak ada penyedia



~40%

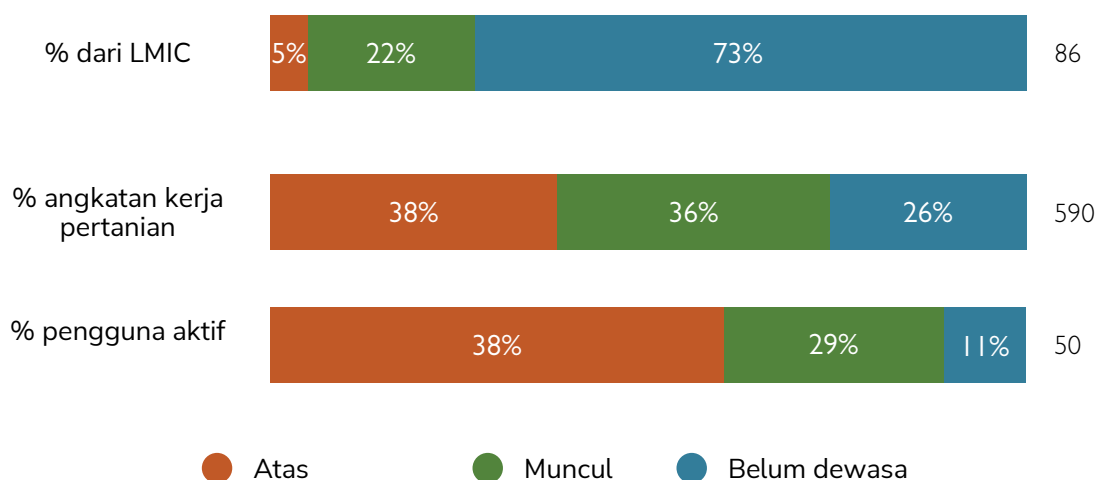
Solusi D4Ag fokus pada setidaknya dua kasus penggunaan D4Ag

solusi D4Ag komersial (dan tentu saja tidak ada satupun dalam skala besar) yang memusatkan inklusi sosial (di luar gender) dalam strategi organisasi dan bisnis mereka.

Meskipun kombinasi kasus penggunaan yang ditawarkan oleh solusi relatif stabil, baik “divergensi” maupun “konvergensi” sama-sama berperan. Dibandingkan dengan tahun 2018, pangsa relatif solusi D4Ag yang menawarkan enam kasus penggunaan D4Ag yang teridentifikasi relatif tidak berubah. Pergeseran yang paling menonjol adalah penurunan jumlah D4Ag yang berfokus pada **“Penasihat & Informasi” (26% pada tahun 2018 menjadi 22% pada tahun 2022)**, dibandingkan dengan peningkatan yang hampir sama pada D4Ag, yang berfokus pada **“Keterhubungan & Akses Pasar” (26% pada tahun 2018 menjadi 30% pada tahun 2022)**. Kami yakin hal ini bermakna dan didorong oleh sejumlah faktor termasuk

monetisasi yang lebih mudah, permintaan dan kenyamanan yang berkelanjutan pasca-COVID dengan solusi e-commerce dan pasar digital, serta tantangan umum bagi inovator D4Ag untuk membuka item biaya baru (yaitu, untuk layanan konsultasi mandiri) selain dari transaksi yang ada. Meskipun peningkatan “platform super” yang sering diperkirakan belum terwujud dalam skala besar di LMIC, terdapat tren yang jelas menuju penggabungan (bundling), dengan **hampir 60% solusi D4Ag menangani setidaknya dua kasus penggunaan D4Ag**. Model bisnis dan jalur pendapatan baru (yaitu layanan keuangan baru dan solusi pasar karbon) mendorong diversifikasi penawaran yang lebih besar dalam masing-masing kasus penggunaan—kami memasukkan ke dalam lebih dari 20 sub-kategori kasus penggunaan yang berbeda (lihat Daftar Istilah).

PERKIRAAN PANGSA TENAGA KERJA PERTANIAN DAN PENGGUNA AKTIF D4AG DI PASAR EKOSISTEM D4AG MUDA, BARU MUNCUL, DAN TERKEMUKA (2023)



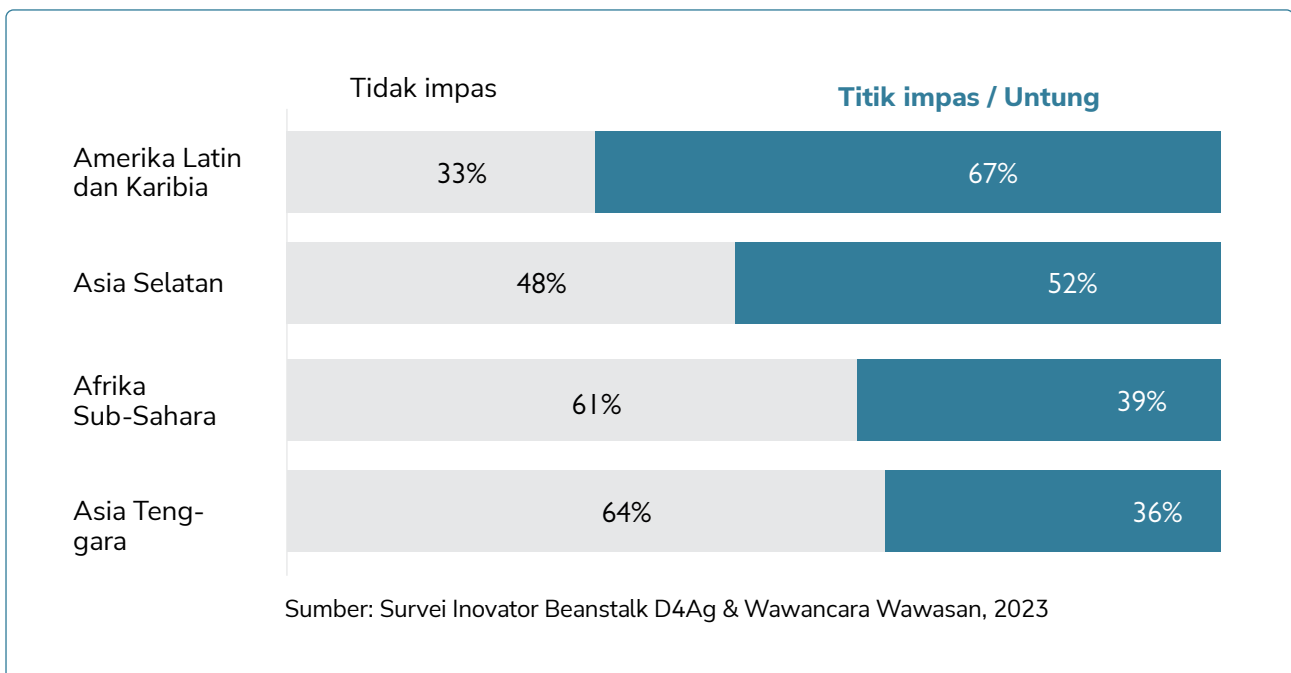


PENDANAAN & INVESTASI

Kelangsungan komersial meningkat, namun tidak merata.

Temuan kami menunjukkan bahwa **setengah dari** inovator D4Ag yang sudah mapan (**tidak termasuk “pra-komersial”**) di seluruh LMIC **beroperasi pada atau di atas titik impas**. Pengklasteran bersifat regional: para inovator di Afrika Sub-Sahara dan Asia Tenggara—menurut survei kami—umumnya tidak memperoleh keuntungan. Kurang dari **40% inovator komersial melaporkan bahwa mereka beroperasi pada atau di atas titik impas di wilayah tersebut. Di Asia Selatan dan LAC, masing-masing adalah 52% dan 67%**. Masih ada kekurangan pada data dasar yang ada untuk membandingkannya dengan skala global, namun—baik secara keseluruhan, maupun di kawasan—kami yakin bahwa angka ini merupakan peningkatan yang signifikan dibandingkan beberapa tahun terakhir. Sebuah

survei yang diterapkan untuk pengembangan laporan CTA tahun 2019, misalnya, menemukan bahwa hanya 26% responden yang beroperasi pada atau di atas titik impas—peningkatan ke 39% dalam lima tahun merupakan hal yang signifikan. Namun kami terkejut saat mengetahui bahwa hubungan antara profitabilitas dan skala (basis pengguna) tidak signifikan. Proporsi perusahaan yang menghasilkan keuntungan dengan 1.000 hingga 50.000 pengguna terdaftar (64%), misalnya, jauh di atas proporsi perusahaan yang memiliki 50.001 hingga 500.000 pengguna dan perusahaan yang memiliki 500.001 hingga 1.000.000 pengguna terdaftar (masing-masing sebesar 35% dan 50%). Hal ini menunjukkan bahwa unit ekonomi bukan sekedar fungsi skala: seiring dengan perluasan solusi dari satu geografi ke geografi lainnya, dari satu tanaman ke tanaman berikutnya, profitabilitas sering kali terkena dampak negatif. Pada saat yang sama, cukup jelas bahwa berbagai kasus penggunaan menunjukkan jalur yang lebih mudah dalam menghasilkan pendapatan dan profitabilitas dibandingkan kasus penggunaan



Profitabilitas inovator D4Ag yang disurvei, berdasarkan wilayah (% responden, n=75)



lainnya.

PENDANAAN & INVESTASI

Pendanaan dan investasi untuk D4Ag, meski tidak dilacak secara sistematis, jelas mengalami peningkatan besar dalam beberapa tahun terakhir. Secara kumulatif hingga tahun 2021, **wilayah LMIC telah menyaksikan pengalihan dana dan investasi sebesar ~US\$13,2 miliar untuk AgTech** secara lebih luas (kira-kira sepertiga dari total global). Sekitar **US\$5,8 miliar (44%) dari total ini berasal dari investor**, (sub-)komersial, termasuk modal ventura dan ekuitas swasta. Porsi yang lebih kecil berasal dari kategori pendanaan lain, termasuk yayasan swasta, lembaga keuangan pembangunan (DFI), dan sarana investasi multi/bilateral. Pasar investasi (sub-)komersial di Afrika, yang hingga saat ini hanya menyuplai 12% dari investasi AgTech senilai US\$5,4 miliar, tergolong dangkal di seluruh wilayah LMIC (LAC adalah yang terendah berikutnya, yaitu sebesar 47% dari investasi regional dari (sub-) investasi komersial). Sebagian



DITERIMA OLEH WILAYAH LMIC

~13,2 TỶ ĐÔ LA

INVESTASI DALAM DANA DAN INVESTASI DI AGTECH

SEKITAR \$5,8 MILYAR (44%)
DARI TOTAL INI BERASAL DARI
INVESTOR KOMERSIAL ATAU SUB-
KOMERSIAL.



besar (berdasarkan jumlah investasi) masih berada pada tahap awal hingga investasi Seri A, dengan India sebagai negara yang menonjol dalam hal prevalensi investasi tahap selanjutnya pada startup D4Ag yang sudah matang. Intinya adalah sebagian besar pendanaan dan investasi untuk D4Ag terus-menerus diarahkan pada inovator tertentu dibandingkan investasi lintas sektor (misalnya, pada infrastruktur data dan digital (selain konektivitas seluler dan internet)). Lebih khususnya lagi, sebagian besar investasi telah diarahkan pada solusi “Keterkaitan Pasar” dan “Akses Keuangan” (>US\$1 miliar pada tahun 2021), yang memiliki model monetisasi yang jelas, jalur yang lazim untuk melakukan penskalaan, serta pemahaman dan penerimaan terhadap solusi dan persyaratan modal yang besar untuk “menang.” Dengan memperhitungkan semua hal di atas, bootstrapping masih merupakan jalur pendanaan yang paling umum bagi inovator D4Ag: **sebagian besar (77%) inovator D4Ag aktif di LMIC belum mengumpulkan dana eksternal.**



DAMPAK

Kita mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai dampak D4Ag, namun masih terdapat lebih banyak “gangguan” dibandingkan “sinyal.” Jalur dampak teoretis menunjukkan potensi peran D4Ag yang transformatif terhadap hasil ekonomi, lingkungan, dan sosial bagi petani dan pemangku kepentingan di seluruh rantai nilai pertanian. Sampai saat ini, “bukti” tersebut sebagian besar masih bersifat anekdot dan disimpan sebagai jaminan pemasaran bagi para inovator. Kajian dampak profesional dan akademis umumnya terbatas pada aspek dampak “ekonomi” dan berpusat pada validasi dampak positif dibandingkan potensi dampak negatif dari penerapan D4Ag. Namun, kami memperoleh pemahaman yang lebih baik dari waktu ke waktu mengenai bagaimana, dan dalam kondisi apa saja, berbagai solusi D4Ag menghasilkan dampak positif.

Produktivitas (bukti kuat): Meskipun besarnya sulit untuk ditentukan (studi independen menunjukkan kisaran peningkatan hasil **0–170%**, dengan sedikit pengelompokan di antaranya), kontribusi D4Ag terhadap peningkatan produktivitas—melalui, misalnya, peningkatan prakiraan cuaca, rekomendasi penggunaan pupuk, atau sekadar pembelian input yang ditingkatkan—telah dikuatkan di seluruh LMIC dalam berbagai konteks geografis dan rantai nilai. Intinya adalah akses terhadap informasi, baik mengenai harga atau praktik produksi baru, biasanya tidak cukup untuk memungkinkan terjadinya perubahan penerapan. Manfaat terbesar terlihat dari penerapan kombinasi layanan “Penasihat & Informasi” dengan “Keterkaitan Pasar” atau “Akses Keuangan” – yang membuka likuiditas dan perubahan penerapan bagi produsen – dan menyadari realitas “fisik” produsen. ‘ lokal (yaitu, ketersediaan input yang direkomendasikan diketahui). Dampak D4Ag terhadap produktivitas agribisnis di seluruh rantai pasokan (yaitu penghematan biaya dari perkiraan permintaan yang lebih baik) masih kurang dieksplorasi.

Pendapatan (bukti kuat): Dampak D4Ag terhadap

pendapatan telah diamati secara teratur selama dekade terakhir (biasanya **2% hingga 20%**, namun dengan beberapa outlier positif yang menyebutkan peningkatan pendapatan hingga **60% di dalam dan di luar pertanian**). Di luar dampak ekonomi dari produktivitas, ada beberapa jalur lain yang melaluinya, D4Ag menunjukkan hasil menjanjikan dalam meningkatkan pendapatan bersih di dalam dan di seluruh rantai pasokan pertanian. Dampak yang paling nyata dan umum terjadi adalah penghematan biaya, misalnya pengadaan input berkualitas dengan harga lebih murah; atau menerapkan tenaga kerja, bahan kimia, bahan bakar, dan pupuk dengan lebih efisien. Selain itu, sejak penerapan pertama solusi “Keterkaitan Pasar” dan telepon seluler secara lebih luas, para petani terus menunjukkan manfaat nyata dari peningkatan realisasi harga—memanfaatkan alat digital untuk menghasilkan waktu pemasaran yang lebih baik, dan berinvestasi dalam kemitraan pemasaran dengan keuntungan tertinggi. Solusi D4Ag yang baru muncul memungkinkan adanya dampak pendapatan tambahan melalui aliran pendapatan baru, seperti yang dicontohkan melalui alat pengukuran, pelaporan, dan verifikasi digital (d-MRV) yang membuka akses ke pasar karbon, dan peluang kewirausahaan yang disediakan melalui alat penyewaan peralatan. Meskipun jalur D4Ag merupakan jalur peningkatan pendapatan yang paling baru, solusi-solusi ini berpotensi memberikan jalur dampak ekonomi yang paling transformatif, khususnya alat-alat digital, sehingga membuka jalur baru bahkan bagi petani kecil untuk menghasilkan laba atas aset selain dari produksi komoditas. Namun, penting untuk disadari bahwa aset “fisik”—infrastruktur, input berkualitas, keahlian tepercaya, mitra pemasaran dan logistik, peralatan dan mesin yang sesuai dengan tujuan, dll.—merupakan unsur penting untuk membuka nilai digital di setiap jalur peningkatan pendapatan, dan sering kali merupakan “mata rantai lemah” dalam rantai tersebut. Terkait dengan produktivitas, hingga saat ini, dampak D4Ag terhadap biaya dan keuntungan bagi agribisnis, bisnis yang terkait dengan pertanian (yaitu penyedia jasa keuangan dan operator jaringan seluler), dan pemerintah masih kurang dieksplorasi dan divalidasi. Misalnya, dampak alat digital terhadap efisiensi biaya akuisisi pelanggan dan aktivitas

GAMBARAN DAMPAK D4AG



Produktivitas

Studi independen menunjukkan kisaran peningkatan hasil 0–170%, dengan sedikit pengelompokan di antaranya



Pendapatan

Biasanya 2% hingga 20%, namun dengan beberapa outlier positif yang menyebutkan peningkatan pendapatan hingga 60% di dalam dan di luar pertanian



Kesetaraan Gender

Tidak mengumpulkan cukup informasi



Inklusi Sosial

Hampir tidak ada bukti



Kelestarian Lingkungan

Hampir tidak ada bukti

dukungan, nilai buku dan (non-)kinerja pinjaman desa, dan penyediaan manfaat pemerintah—yang semuanya secara tidak langsung menguntungkan petani kecil—secara umum belum menjadi sorotan.

Kesetaraan Gender (beberapa bukti): Secara umum, jelas bahwa sektor ini tidak mengumpulkan cukup informasi mengenai penggunaan dan hasil D4Ag yang spesifik terpilah secara gender untuk membuat klaim sistematis mengenai dampak D4Ag terhadap kesetaraan gender di LMIC. Namun, semakin banyak bukti yang mendukung klaim dampak positif D4Ag terhadap perempuan, khususnya yang berkaitan dengan pemberdayaan ekonomi perempuan. Alat digital telah menunjukkan kapasitas untuk mendukung perempuan dalam meningkatkan produktivitas dan pendapatan melalui peningkatan akses terhadap

pengetahuan, sumber daya, dan pembiayaan, serta mengembangkan kualifikasi profesional yang dapat meningkatkan upah. Keterbatasan dampak positif D4Ag terhadap kesetaraan gender, serta potensi dampak negatif D4Ag terhadap kesetaraan gender, telah dilaporkan secara anekdot dan cukup umum, namun kurang teramati. Hal ini mungkin disebabkan oleh sensitivitas dan sifat menantang dari penelitian yang ditargetkan semacam ini—misalnya, karena banyak perempuan pengguna D4Ag yang mengaku “tidak terlihat”—serta kurangnya upaya untuk mencari “sisi negatif” dari pihak yang mempunyai kepentingan sendiri. Kita tahu bahwa norma-norma sosial, kesenjangan sumber daya, dan tanggung jawab dalam rumah tangga dapat membatasi atau bahkan menghambat dampak positif dari D4Ag. Walaupun ada cerita yang bersifat anekdot mengenai pengabaian hal tersebut, hal ini mempunyai

konsekuensi dan risiko sosial, yang harus diakui dan dipertimbangkan dalam konteks lokal dan budaya tertentu. Implikasi pengembangan ekosistem D4Ag terhadap kesetaraan gender di seluruh rantai nilai pertanian masih kurang dieksplorasi, dan sebaliknya (yaitu, bagaimana pertumbuhan sektor D4Ag berkontribusi terhadap pendidikan dan lapangan kerja bagi perempuan di bidang STEM, atau bagaimana peningkatan kesetaraan gender dalam ekosistem investasi LMIC mempengaruhi pendanaan bagi para inovator yang dapat mengatasi tantangan spesifik-GESI).

Inklusi Sosial (hampir tidak ada bukti): Seperti telah disinggung sebelumnya, hanya ada sedikit pemilahan data mengenai pendaftaran—apalagi penggunaan dan hasil—untuk segmen sosiodemografi di luar “gender” (dan sampai batas tertentu, “usia”). Hal ini mencakup penyandang disabilitas, masyarakat adat, etnis minoritas, populasi yang beragam secara budaya dan bahasa, individu dengan berbagai orientasi seksual, dan berbagai strata sosial yang relevan

secara global dan lokal. Penelitian dan program yang dilakukan oleh lembaga publik dan pembangunan yang merupakan titik temu antara pertanian digital dan inklusi sosial yang lebih luas untuk sub-populasi ini tampaknya masih baru. Oleh karena itu—di luar sedikit bukti bahwa individu memperluas jaringan profesional mereka melalui D4Ag—apa yang telah kita pelajari tentang potensi D4Ag untuk mendukung inklusi sosial yang lebih luas, sebagian besar bersifat teoretis dan bersifat anekdot. Namun, teori dan anekdot memang menjanjikan—baik dalam hal digitalisasi sertifikat tanah yang sulit diungkapkan (lihat **Papyrus** di Haiti), menyediakan alat bagi perantara untuk lebih mendukung penyandang disabilitas dalam memajukan usaha pertanian (lihat **RehApp**), atau memperluas upaya digital nasihat dan informasi melalui respons suara interaktif (IVR) dan video, bukan melalui teks bagi mereka yang memiliki kemampuan baca tulis dan/atau kemampuan berbahasa yang rendah. Tinjauan lebih mendalam terhadap pengalaman dan hasil pada sub-populasi tertentu akan membantu memperjelas potensi nyata D4Ag untuk meningkatkan inklusi sosial yang lebih luas.

Kelestarian Lingkungan (hampir tidak ada bukti): Seperti yang telah dibahas sebelumnya, pertanian dan perubahan iklim saling berkaitan. Pertanian, di hampir semua negara dan sistem produksinya, merupakan salah satu dari dua hingga tiga industri penghasil gas rumah kaca (GRK) terbesar di dunia. Pada saat yang sama, petani (skala kecil) sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Bagi banyak orang, AgTech (yang merupakan bagian dari D4Ag) telah menjadi sinonim—atau setidaknya, subdivisi dari—ClimateTech. Penyebaran solusi teknologi dan perubahan penerapan yang lebih luas telah lama diidentifikasi sebagai hal yang penting dalam upaya melawan perubahan iklim, dan adaptasi melalui perubahan tersebut. Pertama, hal ini muncul melalui potensi mitigasi perubahan iklim—misalnya, pemberdayaan proyek penggantian kerugian karbon (carbon offset) oleh d-MRV di negara-negara LMIC, resep pupuk dengan tingkat variabel yang mengurangi emisi dinitrogen oksida melalui degasifikasi pupuk nitrogen yang digunakan secara berlebihan, atau alat optimalisasi pakan



Kredit foto: M-Shamba

yang meningkatkan intensitas metana produksi daging sapi. Masukan berupa hal fisik—seperti pengganti pupuk sintetis secara biologis, bahan tambahan pakan yang membatasi metanogenesis untuk ruminansia, dan teknologi hemat tenaga kerja untuk pembasahan dan pengeringan sawah secara bergantian—dapat memberikan dampak yang sama atau lebih signifikan dan kemungkinan besar akan menjadi pelengkap penting bagi inovasi digital. D4Ag juga akan membuka peluang lebih lanjut untuk adaptasi dan ketahanan terhadap perubahan iklim—yaitu, alat AgFinTech yang meningkatkan akses terhadap kredit untuk infrastruktur pemanenan air di pertanian, perpustakaan mikroba digital dan platform penemuan yang mendukung pengembangan varietas tanaman tahan kekeringan, atau aplikasi prakiraan cuaca yang menyarankan para petani untuk mengambil tindakan cepat dalam mempersiapkan lahan sebelum terjadinya cuaca ekstrem. Namun, dampak D4Ag terhadap mitigasi, adaptasi, dan ketahanan perubahan iklim dalam praktiknya masih belum dikaji secara sistematis. Faktanya, ada alasan kuat untuk percaya bahwa dalam banyak kasus hal yang terjadi justru sebaliknya



(yaitu, lebih banyak emisi oksida nitrat karena peningkatan akses dan penggunaan pupuk sintetis).

FONDASI EKOSISTEM

Di seluruh wilayah LMIC, “Fondasi” ekosistem D4Ag telah mengalami transformasi besar dalam lima tahun terakhir, meskipun masih ada ruang untuk berkembang.

Kebijakan dan Regulasi: Kematangan kebijakan terkait D4Ag berbeda-beda di setiap LMIC, dan tren yang konsisten menunjukkan adanya fragmentasi dan pengawasan sektor ini dalam keseluruhan kebijakan transformasi digital. Kami hanya mengidentifikasi **23 negara-negara LMIC yang mempunyai kebijakan khusus untuk pertanian digital, 10 di antaranya berada di Afrika Sub-Sahara**. Hal ini sering mengakibatkan D4Ag tidak berfungsi atau dikelola secara mikro oleh banyak entitas tanpa prioritas yang jelas.

Keterlibatan langsung pemerintah dalam D4Ag





Kebijakan dan Regulasi:

23 negara-negara LMIC

yang mempunyai kebijakan khusus untuk pertanian digital, 10 di antaranya berada di Afrika Sub-Sahara



Sumber Daya Manusia dan Keterampilannya:

31% inovator

yang kami survei menyatakan hal ini sebagai masalah utama

memberikan hasil yang beragam, terkadang mendorong pengembangan ekosistem inovasi yang produktif dan inklusif, dan di sisi lain, bersaing secara langsung dan menyingkirkan inovator swasta. Misalnya, platform yang disponsori pemerintah sering kali menawarkan layanan serupa dengan biaya bersubsidi atau gratis, sehingga menyulitkan perusahaan swasta untuk bersaing. Selain itu, ketika/jika inisiatif yang diprakarsai pemerintah ini gagal, hal ini cenderung melemahkan kepercayaan terhadap layanan serupa dari sektor swasta. Serta, ketidakselarasan kebijakan antar tingkat tata kelola cukup umum terjadi di LMIC, sering kali menyebabkan lemahnya strategi dan terbatasnya dukungan terhadap ekosistem D4Ag.

Sumber Daya Manusia dan Keterampilannya:

Meskipun terdapat potensi yang nyata, ekosistem D4Ag secara global sedang **berjuang untuk menarik dan mempertahankan staf yang**

terampil. Sebanyak 31% inovator yang kami survei menyatakan hal ini sebagai masalah utama (terdapat hingga 44% di Afrika Sub-Sahara), khususnya yang berkaitan dengan pengembangan perangkat lunak, ilmu data, dan pengembangan bisnis. Perpindahan sumber daya manusia dari daerah pedesaan ke perkotaan dan/atau ke pusat teknologi internasional—yang merupakan “double brain drain”—semakin memperburuk masalah ini. Namun, banyak negara menerapkan strategi kreatif untuk mengatasi berkurangnya sumber daya manusia, seperti pusat teknologi yang ditargetkan secara lokal, insentif bagi pekerja profesional yang kembali, dan memanfaatkan diaspora secara strategis untuk mendapatkan keahlian dan modal.

Universitas-universitas, ketika diberdayakan, dapat menjadi kekuatan transformatif dalam ekosistem D4Ag, seperti yang terlihat di India. Institusi pendidikan juga memainkan peran penting dalam mendorong gender & inklusi sosial dalam lingkup D4Ag dengan menciptakan peluang bagi kelompok yang kurang terwakili, berkontribusi terhadap dinamisme dan inklusivitas ekosistem. Namun, banyak universitas yang menghadapi tantangan karena terfragmentasinya penyertaan keterampilan digital dalam kurikulum pertanian dan kurangnya kolaborasi antar universitas.

Inovator D4Ag sering kali bersaing dengan sektor-sektor yang dianggap lebih menarik (misalnya, FinTech, HealthTech, EdTech) untuk mendapatkan keterampilan tertentu, ditambah dengan persepsi pertanian sebagai sesuatu yang “lambat” dan terbelakang. Secara regional, situasi ini berbeda-beda, misalnya di Amerika Latin, di mana rekrutmen sumber daya manusia di bidang pertanian sulit dilakukan karena persaingan dari perusahaan agribisnis yang sudah mapan.

Pengetahuan dan Kemampuan: Tingkat literasi digital sangat bervariasi di seluruh LMIC dan sering kali menjadi hambatan besar dalam penerapan alat D4Ag secara efektif. Tantangannya bukan hanya memahami dasar-dasar penggunaan internet dan perangkat, namun juga memahami beragam persyaratan yang mungkin dibutuhkan oleh berbagai

solusi D4Ag. Misalnya, beberapa alat mungkin berfungsi optimal pada jaringan data seluler tertentu atau memerlukan pembaruan dan sinkronisasi rutin. Kurangnya pemahaman atau kenyamanan terhadap persyaratan ini dapat menghalangi pengguna untuk memaksimalkan manfaat alat ini, atau bahkan mereka memilih untuk tidak menggunakannya sama sekali.

Menanggapi tantangan literasi, para inovator mengeksplorasi metode untuk membuat alat D4Ag lebih mudah diakses dan menyenangkan, seperti “gamifikasi” alat. Pada saat yang sama, model hibrida yang menggabungkan saluran pengiriman fisik dan digital muncul sebagai solusi untuk memungkinkan partisipasi dalam sistem digital tanpa memerlukan literasi digital individu yang ekstensif.

Pengalaman yang berbeda di negara-negara seperti India, di mana literasi digital di antara target pengguna sering diremehkan, menunjukkan perlunya pemahaman yang lebih mendalam mengenai tingkat literasi digital dalam berbagai konteks. Hal ini menggarisbawahi perlunya menyesuaikan solusi D4Ag dengan kemampuan dan harapan sasaran pengguna.

Di pasar dan wilayah di mana literasi dasar masih menjadi hambatan besar dalam penerapan digital, saluran penyampaian alternatif seperti penyampaian video atau IVR telah digunakan secara luas. Namun, jauh dari solusi ‘peluru perak’, solusi ini mempunyai keterbatasannya masing-masing.

Jaringan dan Modal Sosial: Media sosial dan platform komunikasi seperti WhatsApp, Facebook, dan YouTube telah menjadi hal yang penting untuk membangun jaringan, intelijen pasar, dan berbagi pengetahuan dalam komunitas D4Ag di seluruh LMIC. Mereka berfungsi sebagai platform di mana petani berbagi pengalaman, mengajukan pertanyaan, dan menerima saran, sehingga meningkatkan produktivitas pertanian. Kami telah mengidentifikasi, misalnya, empat saluran YouTube berbeda yang didedikasikan untuk penyebaran pengetahuan pertanian di India saja dengan lebih dari satu juta pelanggan, dan 10 grup Facebook berbasis LMIC dengan fokus serupa dengan lebih dari 100.000 anggota.

Di sisi lain, sarana pembangunan jaringan dan penyebaran pengetahuan terus bertambah. Buletin, podcast, blog, dan platform penyampaian konten





Pendanaan Penelitian dan Pengembangan

US\$10,5 miliar
per tahun



Akses terhadap Kredit bagi Petani

~1,4 miliar orang dewasa masih belum memiliki rekening bank pada tahun 2021, secara global

serupa telah mengembangkan ruang virtual baru untuk berbagi pengetahuan, meningkatkan pemahaman industri, dan memaparkan pengguna pada praktik inovatif di D4Ag. Platform non-tekstual seperti TikTok juga menunjukkan efektivitas dalam melibatkan khalayak dan menyebarkan informasi.

Pendanaan dan Investasi: Pendanaan tetap penting untuk pertumbuhan dan keberlanjutan ekosistem D4Ag. Hal ini mencakup pendanaan tidak hanya untuk inovator individu, tetapi juga untuk kemajuan ekosistem D4Ag yang kuat dan terpelihara.

Pendanaan untuk Inovator Individu: Inovator yang mengembangkan solusi D4Ag sering kali menghadapi kendala sumber daya. Modal yang memadai diperlukan untuk mendukung penelitian, pengembangan, kesiapan pasar produk, peningkatan skala operasi, peningkatan inovasi, peningkatan

kapasitas, dan mitigasi risiko. Dari wawancara dan penelitian yang kami lakukan, secara konsisten menunjukkan kesenjangan yang umum dan terus-menerus terjadi dalam lanskap investasi komersial yang penting bagi inovator berbasis LMIC (yaitu, di Afrika Sub-Sahara, “kehilangan bagian tengah” antara hibah skala kecil di bawah US\$50.000 dan ambang batas tipikal ukuran tiket untuk pemodal ventura (VC) sebesar US\$750.000) dan modal kerja (yaitu, fasilitas pinjaman dan utang jangka pendek). Secara keseluruhan, **akses terhadap pendanaan merupakan** hambatan yang paling banyak dihadapi oleh inovator D4Ag di LMICs, dengan hampir **60%** penyedia solusi mengakui menghadapi kesulitan tersebut. Terdapat juga kurangnya visibilitas terhadap startup D4Ag tahap awal, khususnya solusi yang didanai hibah dan tidak didanai, di LMIC. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh fakta bahwa banyak database yang ada sering gagal menangkap data mengenai solusi tahap awal di pasar-pasar ini: Misalnya, tiga database investasi terkemuka (Pitchbook, Tracxn, dan Crunchbase) masing-masing hanya berisi 30%–40% dari total investasi >1.300 solusi yang ada di database kami. Kurangnya visibilitas di pasar menghambat pembangunan jalur investor, proses uji tuntas, dan kemampuan untuk mengidentifikasi rekan investor, yang pada akhirnya memperpanjang jangka waktu transaksi atau menghalangi investor memasuki pasar baru, sehingga berkontribusi terhadap kesenjangan pendanaan yang terus-menerus.

Pendanaan Infrastruktur: D4Ag sangat bergantung pada infrastruktur berbasis teknologi, seperti jaringan fisik dan digital, pusat data, dan perangkat keras. Investasi di bidang infrastruktur sangat penting untuk keberhasilan penerapan dan skalabilitas alat dan platform pertanian digital. Namun, infrastruktur seringkali kurang mendapat perhatian dari sektor publik.

Pendanaan Penelitian dan Pengembangan (Litbang): Pendanaan litbang mendorong kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk inovasi pertanian. Meskipun terdapat pertumbuhan dalam dukungan sektor pertanian, seringkali gagal mencapai tujuannya untuk meningkatkan



Sumber: Feed the Future Flickr. Kredit foto: Rakotonantoandro Lalaina

ketahanan pangan, mata pencaharian, dan kelestarian lingkungan. **Terdapat kesenjangan investasi dalam penelitian dan pengembangan untuk intensifikasi pertanian berkelanjutan di LMIC, yang saat ini mencapai US\$10,5 miliar per tahun.**

Akses terhadap Kredit bagi Petani: Akses keuangan sangat penting dalam ekosistem pendanaan D4Ag. Petani sering kali mengandalkan kredit untuk memperoleh bahan baku pertanian yang diperlukan, namun mereka mungkin terpaksa meminjam dari sumber informal yang memiliki suku bunga tinggi dan persyaratan yang tidak menguntungkan. Meskipun terjadi peningkatan kredit pada sektor pertanian, pertumbuhannya lebih lambat dibandingkan sektor lainnya. Selain itu, kesenjangan yang signifikan dalam inklusi keuangan masih terjadi, dengan **sekitar 1,4 miliar orang dewasa masih belum memiliki rekening bank pada tahun 2021, secara global.**

Data dan Infrastruktur: Peran data dan infrastruktur dalam D4Ag telah berkembang secara

signifikan, dengan investasi besar yang menghasilkan perbaikan nyata dalam ketersediaan sumber publik mengenai cuaca, tanah, produktivitas, dan informasi pasar. Efektivitas solusi D4Ag sangat bergantung pada kualitas, aksesibilitas, keandalan, keberlanjutan, dan relevansi infrastruktur tersebut. Infrastruktur D4Ag yang kuat di LMIC harus kuat, mampu menahan berbagai tantangan dan menangani volume data yang besar dari berbagai sumber. Ini harus dapat diakses oleh semua pemangku kepentingan dan dapat diandalkan dalam memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu. Infrastruktur juga harus berkelanjutan, baik secara lingkungan maupun ekonomi, dan tetap relevan dengan memberikan data dan wawasan yang secara langsung mendukung kebutuhan penggunanya.

Meskipun ketersediaan data meningkat, faktor-faktor seperti aksesibilitas, pemahaman, granularitas, dan integritas data membatasi kontribusi terhadap ekosistem D4Ag: **23% inovator yang disurvei mengatakan bahwa kurangnya infrastruktur pendukung menghalangi mereka untuk meningkatkan skala solusi mereka.** Beberapa

negara, seperti India, telah melakukan upaya penting untuk berinvestasi pada pergudangan data pertanian dan infrastruktur analisis yang lebih canggih. Yang menjadi sorotan—untuk tantangan, peluang, dan kompleksitas saat ini—adalah “berbagi data” dan “tata kelola data.”

Kemampuan perangkat lunak yang canggih kini semakin mudah diakses di D4Ag, dengan pembelajaran mesin (ML), blockchain, kecerdasan buatan (AI), integrasi sistem, dan manajemen hubungan pelanggan (CRM) yang memimpin. Namun, teknologi ini juga menimbulkan permasalahan terkait biaya, kompleksitas, konektivitas pedesaan, literasi digital, serta privasi dan keamanan data. Misalnya, transparansi dan interpretasi pengambilan keputusan berbasis AI telah menimbulkan pertanyaan etis. Persyaratan perangkat keras dan biaya terkait merupakan pertimbangan utama, yang seringkali berdampak pada penggunaan dan model bisnis di D4Ag. Beberapa model yang menjanjikan, seperti perangkat keras sebagai sebuah layanan (hardware as a service atau HaaS), telah muncul, menawarkan peluang pengembangan keterampilan dan kewirausahaan. Konektivitas internet, keterjangkauan data, dan kepemilikan perangkat masih menjadi hambatan besar dalam penerapan D4Ag di kalangan petani kecil di LMIC. Meskipun terdapat beberapa perbaikan, penetrasi internet dan seluler, serta kecepatan data, masih menjadi tantangan, terutama bagi mereka yang memiliki pendapatan rendah atau tidak stabil. **Meskipun tingkat penerapan ponsel pintar telah meningkat hingga ~60%, hanya sekitar sepertiga lahan pertanian dengan luas kurang dari 1 hektar yang dilayani oleh layanan 3G atau 4G.**



Data dan Infrastruktur

23% inovator

yang disurvei mengatakan bahwa kurangnya infrastruktur pendukung menghalangi mereka untuk meningkatkan skala solusi mereka

.....
hanya sekitar sepertiga lahan pertanian dengan luas kurang dari 1 hektar yang dilayani oleh layanan 3G atau 4G



TANTANGAN, KONSOLIDASI

Dikonsolidasikan dan
dicerminkan dari penilaian

ekosistem D4Ag berbasis LMIC di seluruh dunia, ada tujuh tantangan utama yang paling menghambat munculnya dan keberlanjutan sektor D4Ag yang inklusif, cerdas iklim, dan layak secara komersial:

Jaringan berbagi pengetahuan dan kolaborasi yang terputus

Wawasan pertanian tradisional sering diabaikan, menyebabkan terputusnya hubungan dan hilangnya peluang dalam inisiatif D4Ag. Duplikasi program D4Ag dari donor menyebabkan inefisiensi dan berkurangnya potensi pembelajaran. Operasi pemerintah yang tertutup menghambat pembagian praktik terbaik di seluruh wilayah, sehingga semakin menghambat kemajuannya.

Ketidakpastian kelayakan keuangan

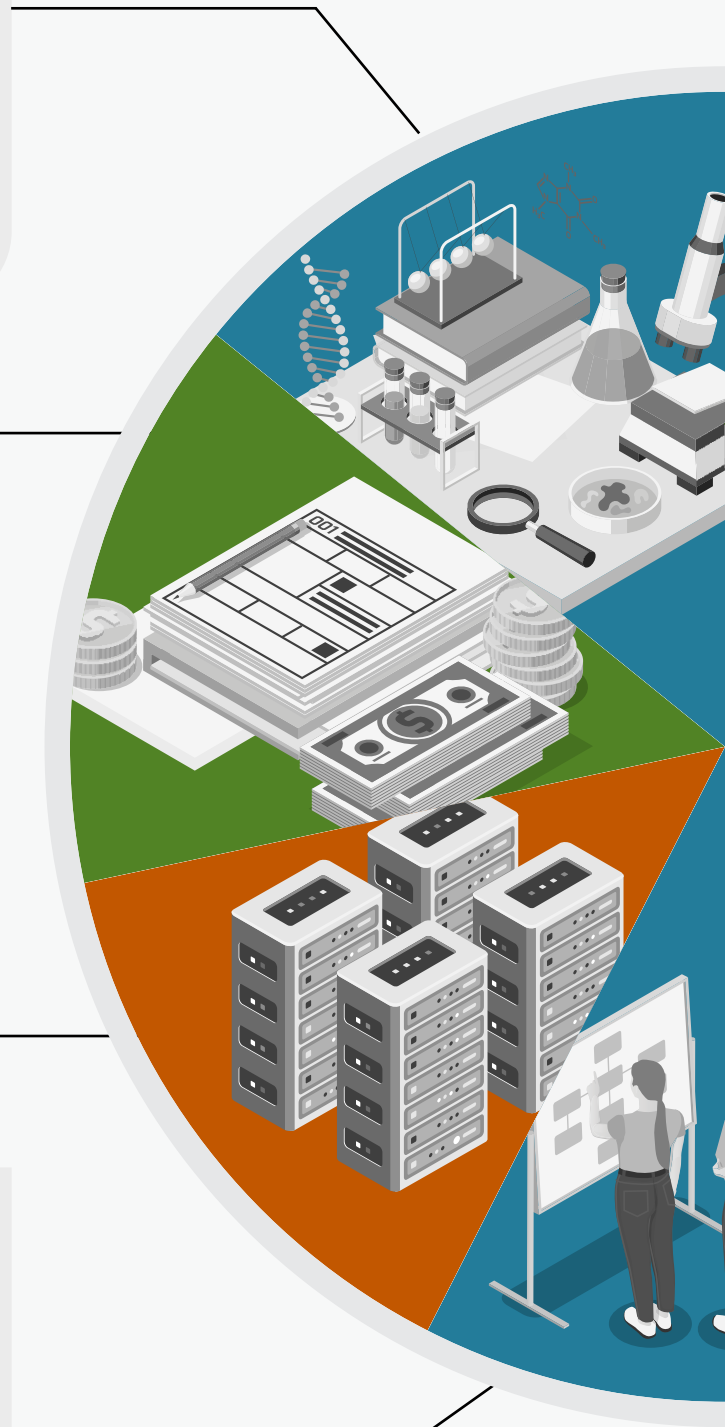
Konsentrasi pendanaan mengabaikan sektor-sektor tertentu, dan kurangnya jalan keluar yang berhasil mengurangi prospek pertumbuhan. Bidang pembiayaan yang kurang terlayani menghambat inovator skala kecil, sementara distorsi pasar yang didorong oleh donor berisiko terhadap keberlanjutan jangka panjang. Kurangnya visibilitas dan data mengenai solusi D4Ag tahap awal di LMIC dan berkembang berkontribusi terhadap kesenjangan pendanaan yang terus-menerus.

Aksesibilitas dan kualitas infrastruktur fisik dan digital yang buruk

Masalah data publik, duplikasi, dan kurangnya pembagian insentif dapat menyebabkan pengambilan keputusan yang salah. Fokus yang tidak proporsional pada tanaman pangan dibandingkan peternakan dan akuakultur akan menghilangkan peluang potensial. Tantangan infrastruktur, termasuk kesenjangan dalam kendala perangkat menengah dan perangkat keras, membatasi jangkauan dan keberhasilan D4Ag.

Kekurangan dalam keterlibatan pengguna dan penetrasi pasar

Kelelahan digital dan kurangnya dukungan fisik mengurangi keterlibatan pengguna. Kesalahpahaman mengenai target pasar karena kurangnya masukan yang beragam menyebabkan solusi tidak selaras dengan kebutuhan pengguna yang sebenarnya. Selain itu, rasa tidak percaya terhadap teknologi yang dikembangkan dari atas ke bawah di kalangan petani, serta keraguan untuk berbagi data pribadi dan data pertanian semakin menghambat penerapan teknologi tersebut.





Kurangnya pengukuran dampak yang berkualitas

Dampak merugikan yang tidak ditangani berisiko menyebabkan kerugian yang tidak diinginkan. Kesenjangan bukti yang ada ditambah dengan tantangan dalam pengukuran kualitas dan kurangnya transparansi data di tingkat pasar menghambat pemahaman yang jelas tentang dampak D4Ag yang sebenarnya.

Ketidaksetaraan gender dan pengucilan sosial yang masih ada

Hambatan seperti akses dan norma budaya membatasi penetrasi di kalangan kelompok marginal. Tidak adanya insentif yang kuat serta keterwakilan yang tidak seimbang akan menghasilkan solusi yang bias atau tidak selaras. Kurangnya standar indikator gender dan inklusi sosial mempersulit pengukuran dan mendorong inklusivitas.

Kendala dalam penyebaran dan kredibilitas D4Ag yang cerdas iklim

Terbatasnya data iklim lokal menghambat strategi adaptasi dan mitigasi yang efektif. Pengabaian aset data publik dan tidak adanya kerangka kerja pemerintah menghambat upaya selaras yang berfokus pada perubahan iklim. Risiko “greenwashing” mengancam integritas pasar dan kepercayaan terhadap inisiatif berkelanjutan.



PROSPEK DI MASA DEPAN

Beberapa tren berwawasan ke depan—beberapa lebih berani dibandingkan yang lain—sangat menonjol karena kemungkinan besar akan membuahkan hasil mengingat tren historis, perspektif para ahli, investasi dan kebijakan yang berkomitmen, serta siklus pasar.

Pengembangan Landasan Ekosistem: Dari perspektif infrastruktur—dengan memanfaatkan tren saat ini dan investasi yang direncanakan—kami memperkirakan pertumbuhan signifikan dalam ponsel pintar dan konektivitas 3G+ dalam dekade mendatang, yang memungkinkan akses D4Ag lebih luas di kalangan segmen pertanian terpencil dan beragam. Misalnya, pada tahun 2030, penetrasi internet seluler diperkirakan akan mencapai 64% secara global (naik dari 55% saat ini). Kesenjangan kepemilikan perangkat diperkirakan akan mengecil, dengan penerapan ponsel cerdas di wilayah seperti Afrika Sub-Sahara mencapai 87%. Dari sudut pandang peraturan, kami memperkirakan akan ada gelombang peraturan dan kebijakan baru yang diambil dan dikembangkan oleh pemerintah perintis di masing-masing wilayah. Peraturan-peraturan ini kemungkinan besar tidak hanya memberikan kejelasan, keyakinan, dan ruang untuk beroperasi bagi para inovator D4Ag dan mitra ekosistem, namun juga berfungsi sebagai elemen dasar untuk mengutamakan prinsip-prinsip GESI dan strategi pengelolaan perubahan iklim. Kami juga mengharapkan “integrasi” D4Ag lebih luas dengan ClimateTech/manajemen perubahan iklim—baik dalam persepsi maupun praktik, menandakan keselarasan strategis inovasi pertanian dengan agenda global yang lebih luas, khususnya memastikan bahwa pembangunan bersifat inklusif dan responsif terhadap perubahan iklim di bumi.

Dinamika Pasar Makro: Meskipun terjadi perlambatan pertumbuhan solusi D4Ag yang disebutkan di atas dalam beberapa tahun terakhir, kami mengharapkan “percepatan kembali” dalam jumlah startup D4Ag yang didorong melalui

diversifikasi geografis—ekosistem D4Ag yang “muncul” di awal kurva-S inovasi D4Ag. Kami berharap bahwa percepatan dan perluasan ke pasar D4Ag yang baru matang akan memfasilitasi siklus “boom” dan “bust” tambahan—kenaikan dan penurunan yang lebih cepat yang akan berdampak pada sektor ini. Mudah-mudahan, hal ini dapat dimoderasi dengan kisah sukses dan pembelajaran dari dekade terakhir sehingga kepercayaan diri yang terguncang dapat dihindari. Selain itu, kami mengantisipasi “perpecahan” dan perbedaan lebih lanjut dalam lintasan, dan mungkin ekosistem, antara D4Ag yang dihadapi perusahaan dan petani—yang tercermin dalam basis investor, siklus pertumbuhan,

TREN MASA DEPAN YANG KAMI HARAPKAN DENGAN PERCAYA



Aksesibilitas ponsel pintar



Inovasi dalam sistem regulasi



Mengintegrasikan adaptasi terhadap perubahan iklim



Jalur pembangunan yang beragam



Động lực thị trường nhiều biến động



Dinamika pasar tidak menentu



Meningkatkan kompatibilitas solusi utama



Inovasi dalam model bisnis



Agrobisnis “digital native”.

dan kelayakan komersial yang berbeda. Seiring dengan semakin beragamnya kasus penggunaan, model bisnis, dan ekosistem, strategi dan perspektif D4Ag akan semakin penting untuk tidak bersifat terlalu monolitik.

Evolusi Model Bisnis: Meskipun inovasi teknologi dipastikan akan tetap eksis dan penting, inovasi model bisnis kemungkinan akan menjadi lebih penting bagi gelombang peluang D4Ag berikutnya—membuka aliran pendapatan baru, produk keuangan, dan model perantara untuk sektor ini. Dengan ketepatan teknologi dan diversifikasi model bisnis yang lebih baik, kami membayangkan bahwa—walaupun ada kecenderungan umum menuju platform dan paket D4Ag—masih ada banyak peluang untuk “solusi tepat” yang menargetkan tantangan yang sebelumnya belum terselesaikan (terutama yang diterapkan bersama dengan alat “fisik”). Terakhir, kami mengantisipasi munculnya korporasi agribisnis yang “digital native”. Banyak perhatian telah diberikan pada prospek dan perkembangan pasar yang menunjukkan bahwa jurusan agribisnis (yaitu Bayer, Corteva, Syngenta, Yara, UPL, dll.) akan beralih ke “digital”, namun lebih sedikit perhatian yang tertuju pada pionir D4Ag yang beralih ke “fisik.” Kami memperkirakan bahwa kami akan mulai melihat penantang dalam skala besar terhadap jurusan agribisnis tradisional dari para inovator D4Ag yang mungkin lebih cekatan memanfaatkan pendekatan “digital” dan kurang bersandar pada (sambil bersaing dengan) penjualan produk pertanian lama (yaitu, lebih bersandar pada bio alternatif berbasis, layanan dengan margin lebih tinggi, dll.).

Selain prediksi yang “mungkin” ini, kami telah menyusun sepasang “masa depan alternatif,” yang kami yakini mewakili dan memodelkan batas bawah dan batas atas pertumbuhan, jangkauan, dan dampak D4Ag di negara-negara LMIC pada dekade berikutnya—apa yang kami sebut skenario “anjlok” dan “berkembang”. Tujuannya bukanlah presisi, namun cerminan besarnya perbedaan dalam menentukan masa depan yang “benar” versus “salah” dalam pengembangan sektor D4Ag. Kedua skenario tersebut mencerminkan potensi masa depan yang

dipengaruhi D4Ag yang meliputi mata pencaharian petani kecil (“turun dan keluar” atau “naik dan masuk”), inovasi (“terhambat” atau “terdistribusi”), lingkungan (“degradasi” atau “regenerasi”), budaya (“penghapusan” atau “pengayaan”), inklusi (“hambatan sistematis” atau “akses dan manfaat yang adil”), dan landasan digital (“eksploitasi” atau “kepentingan dan manfaat bersama”)—serta hal-hal yang membedakannya hasil yang dapat disarankan bagi masing-masing pemangku kepentingan.

Dalam waktu 10 tahun, kami memperkirakan bahwa dengan pencapaian skenario “berkembang”, nilai ~US\$500 miliar yang dimungkinkan oleh D4Ag ditambahkan ke industri pertanian setiap tahun di seluruh LMIC, yang berarti peningkatan sebesar 28% dalam nilai total output di seluruh wilayah fokus. Dalam skenario “anjlok”, sebagian besar (90%) nilai potensial, setara dengan US\$450 miliar, terkikis oleh rendahnya serapan, rendahnya pasokan, dan keberhasilan solusi. Penerapan solusi D4Ag yang berhasil merupakan faktor penentu keberhasilan—kami melihat para petani mempercepat penerapannya empat kali lebih cepat ketika ekosistem sedang “berkembang” versus “anjlok,” **sehingga mencapai tingkat penerapan rata-rata sebesar 38% di seluruh negara-negara LMIC pada tahun 2033, mencakup populasi yang sangat besar, yaitu 224 juta pengguna** yang akan mengintegrasikan alat D4Ag ke dalam praktik pertanian sehari-hari mereka. Dari perspektif inklusi gender, **kami memperkirakan kesenjangan gender akan berkurang lebih dari setengahnya, sehingga menambah 64 juta perempuan ke dalam ekosistem pengguna D4Ag.** Terakhir, D4Ag memiliki potensi besar dalam mengurangi emisi GRK di tingkat pertanian sebesar 9% (-360 MMT setara CO₂). D4Ag dapat menciptakan efisiensi yang lebih besar, sehingga memungkinkan dampak iklim yang lebih rendah; namun, petani juga dapat memilih untuk berinvestasi lebih banyak pada sumber daya seperti pupuk dan mesin pertanian berbasis bahan bakar, sehingga menyebabkan dampak emisi GRK yang semakin buruk (+140 MMT setara CO₂ per tahun).

DUA VISI YANG KONTRAS TENTANG MASA DEPAN D4AG DI LMICS - PERTANYAAN SENILAI \$450 MILIAR PER TAHUN

Dalam skenario “kesejahteraan”, sekitar \$500 miliar nilai yang diciptakan oleh D4Ag akan ditambahkan ke sektor pertanian di negara-negara LMIC setiap tahunnya, sehingga meningkatkan nilai hasil pertanian di wilayah-wilayah utama sebesar 28%.



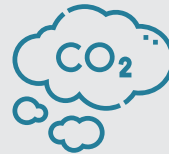
Inovasi terdistribusi



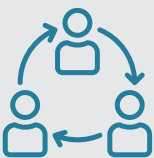
D4Ag akan mencapai 38% adopsi di LMIC, termasuk 224 juta pengguna



Regenerasi lingkungan



Emisi gas rumah kaca di sektor pertanian akan berkurang sebesar 9%



Akses dan manfaat yang setara bagi semua



Kesenjangan gender menyempit lebih dari setengahnya, sehingga menambah 64 juta perempuan ke dalam ekosistem pengguna D4Ag



Taruhan bersama dan keuntungan bersama

Dalam skenario “keluar jalur”, 90% dari nilai potensial ini – \$450 miliar – akan hilang karena rendahnya adopsi, pasokan, dan efektivitas solusi.



Inovasi mengalami stagnasi



D4Ag akan mencapai ~10% adopsi di LMIC



Depresi lingkungan



Hambatan sistemik terhadap kesetaraan gender dan inklusi sosial



Kemungkinan eksploitasi tenaga kerja



REKOMENDASI

Dengan fokus pada orientasi ekosistem D4Ag LMIC menuju skenario “berkembang”, kami

telah merumuskan serangkaian rekomendasi strategis (disertai dengan tindakan ilustratif dan referensi) untuk para pemangku kepentingan di seluruh ekosistem D4Ag:

1

Mendukung perumusan dan implementasi kebijakan inklusif dan cerdas iklim untuk D4Ag

Berfokus pada penciptaan kerangka kebijakan yang kuat yang mendorong pertanian digital cerdas iklim, dengan mempertimbangkan standar industri, keselarasan regional, dan pembangunan infrastruktur.

2

Berinvestasi dalam pengembangan kapasitas dan berbagi pengetahuan di seluruh ekosistem D4Ag

Menekankan pelatihan bagi tenaga kerja pertanian yang berbasis digital, tutup kesenjangan pengetahuan tentang dampak D4Ag di berbagai sektor, dan promosikan literasi dan pemberdayaan digital terutama di kalangan kelompok marginal.

3

Mempertahankan, meningkatkan, dan mendiversifikasi pendanaan dan investasi untuk D4Ag

Mendorong struktur pendanaan yang lebih adaptif dan berorientasi pada hasil, mengidentifikasi dan mengatasi kesenjangan pendanaan utama, dan memastikan investor memasukkan dampak ke dalam proses dan struktur investasi inti.



4

Mempercepat pembangunan infrastruktur untuk mendukung D4Ag

Memperluas jalur pendanaan untuk infrastruktur penting, baik fisik (yaitu, telekomunikasi pedesaan, pergudangan, penyimpanan suhu dingin, dan teknologi pemantauan lingkungan) atau digital (yaitu, pergudangan data, pendaftaran petani/ lahan, lingkungan dan demografi lapisan data, dll.).

5

Mendorong kolaborasi dan berbagi data & sumber daya di seluruh ekosistem D4Ag

Mendorong keterlibatan multi-pemangku kepentingan, data yang komprehensif dan dapat diakses mengenai inovasi D4Ag dalam platform berbagi data LMIC, dan kemitraan strategis—baik di dalam maupun di seluruh kawasan—untuk secara kolektif mengatasi tantangan dan visi bersama untuk D4Ag dan meningkatkan pendanaan untuk sektor ini.

6

Asah kebutuhan pengguna akhir D4Ag melalui keterlibatan yang terfokus dan inklusif

Mendukung dan mendorong para inovator untuk melakukan diferensiasi dengan proposisi nilai yang jelas, tanamkan inklusivitas, dan prioritaskan keterlibatan pengguna yang mendalam. Mendukung dan mendorong produsen utama untuk bereksperimen, memberikan masukan, dan mengadvokasi peningkatan kapasitas.

