

DIGITALISASI PENDATAAN BERBASIS KODE QR DI LABORATORIUM KULTUR JARINGAN UNTUK EFISIENSI PRODUKSI BIBIT KELAPA SAWIT SKALA MASSAL

Rizka Tamania Saptari*, Sumaryono, Masna Maya Sinta, dan Imron Riyadi

Abstrak - Laboratorium kultur jaringan memiliki peran dalam industri perkebunan kelapa sawit, salah satunya yaitu untuk produksi bibit klonal skala massal. Produksi bibit klonal kelapa sawit umumnya dilakukan melalui teknik embriogenesis somatik yang melibatkan beberapa tahap. Seluruh rangkaian proses produksi tak terlepas dari alur pendataan yang memastikan proses berjalan dengan benar dan hasil produk akurat. Penerapan kode QR dalam pendataan di laboratorium kultur jaringan, seperti dalam produksi bibit klonal kelapa sawit, memberikan keuntungan dengan menggantikan pendataan manual yang rentan terhadap kesalahan manusia dan waktu yang tidak efisien. Aplikasi pendataan berbasis kode QR, seperti Tissue Culture Tracking membantu dalam pelabelan digital dan pemantauan proses, yang memungkinkan penelusuran data yang akurat serta meningkatkan efisiensi produksi bibit klonal. Beberapa tantangan dalam penerapan digitalisasi data dalam laboratorium kultur jaringan antara lain akses internet yang memadai, kompatibilitas perangkat, serta keterampilan dan budaya kerja personel. Revitalisasi fasilitas, pelatihan, dan pembiasaan adalah solusi agar digitalisasi pendataan berbasis kode QR dalam laboratorium kultur jaringan dapat diimplementasikan dengan baik.

Kata kunci: kode QR, pendataan kultur jaringan, penelusuran bibit, Tissue Culture Tracking

PENDAHULUAN

Salah satu peran kultur jaringan dalam bidang pertanian dan perkebunan adalah untuk propagasi atau perbanyak tanaman. Metode ini berguna dalam penyediaan bibit tanaman komoditas penting, termasuk kelapa sawit (Karim, 2021; Weckx et al., 2019). Dalam industri perkebunan kelapa sawit, kultur jaringan memungkinkan pengembang bibit untuk memperbanyak secara klonal tanaman kelapa sawit yang memiliki sifat-sifat unggul, seperti produktivitas tinggi, rendemen minyak tinggi, maupun karakter unggul sekunder lainnya. Metode kultur jaringan atau dikenal dengan perbanyak klonal memastikan keturunan bibit yang seragam sesuai spesifikasi yang diinginkan. Penggunaan bibit unggul dan seragam di perkebunan tentunya berdampak baik bagi produktivitas tanaman maupun kebun. Cochard et al.

(2000); Kamil et al. (2020) melaporkan bahwa penggunaan bibit kelapa sawit klonal hasil kultur jaringan di perkebunan meningkatkan hasil tanaman 20 – 30 %.

Dalam produksi bibit kelapa sawit skala massal melalui kultur jaringan, alur pendataan memegang peranan krusial. Data yang akurat dan komprehensif diperlukan untuk mengawasi dan mengelola seluruh proses produksi bibit, mulai dari tahap inisiasi kultur jaringan, proses di laboratorium, hingga distribusi. Informasi seperti asal usul eksplan tanaman, perlakuan media dan lingkungan, catatan kondisi pertumbuhan, hingga tanaman berhasil di tanam di lapang harus terdokumentasi dengan baik. Selain itu, pendataan jumlah subkultur juga penting, terutama pada kultur jaringan kelapa sawit, untuk memantau dan menurunkan potensi adanya abnormalitas bibit yang dihasilkan. Melalui pendataan yang cermat, produsen bibit kelapa sawit dapat memastikan bahwa bibit yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, yang juga penting untuk menjaga reputasi dan kepercayaan pengguna. Selain itu, pendataan yang tepat juga memfasilitasi pemantauan dan perbaikan berkelanjutan dalam proses produksi, yang dapat membantu meningkatkan efisiensi dan

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Rizka Tamania Saptari* (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158, Indonesia

Email: rizkatamania@gmail.com

ketepatan kuantitas maupun kualitas produksi bibit.

Pendataan manual di laboratorium kultur jaringan telah lama menjadi praktek umum. Pelabelan kultur menggunakan spidol yang dilakukan oleh staf, dilanjutkan dengan pencatatan di *logbook* yang kemudian diarsipkan ke komputer dengan cara input manual. Begitu pula dengan data pengamatan yang diinput, diolah dan diekstrak secara manual oleh teknisi maupun peneliti. Praktek ini memiliki kelemahan, antara lain rentan terhadap kesalahan manusia, risiko ketidakakuratan catatan, pencatatan hilang, serta kesulitan atau tidak praktis dalam mengelola dan berbagi data. Selain itu, penggunaan waktu yang tidak efektif untuk melabel maupun mencatat data secara manual dapat menghambat produktivitas laboratorium maupun produksi. Wolf & Hartney (1986) menyatakan setidaknya dalam wadah kultur saja perlu memuat informasi seperti nama medium, tanggal medium dibuat, tanaman yang dikultur, tanggal kultur, periode subkultur, maupun info lain seperti nomor induk dan riwayat subkultur. Bisa dibayangkan betapa tidak praktis dan lama waktu yang diperlukan untuk melabel setiap wadah kultur, terutama dalam produksi bibit skala massal.

Seiring dengan kemajuan industri 4.0 yang berfokus pada otomatisasi, digitalisasi, dan konektivitas data, yang juga didorong dengan *Internet of Things* (IoT), kebutuhan akan pendekatan yang lebih efisien dalam pengelolaan data laboratorium semakin mendesak. Kondisi saat ini mendorong eksplorasi solusi digital yang lebih modern, salah satunya adalah penggunaan kode QR untuk mengoptimalkan sistem pendataan laboratorium kultur jaringan. Dalam tulisan ini, akan dibahas mengenai penerapan kode QR yang dapat menghadirkan manfaat dalam efisiensi, keakuratan, dan konektivitas pendataan di laboratorium kultur jaringan, baik untuk meningkatkan kualitas penelitian, maupun efisiensi produksi bibit skala massal tanaman penting seperti kelapa sawit dan tanaman perkebunan lainnya.

TENTANG KODE QR

Kode QR (*QR code*) merupakan kependekan dari *Quick Response Code*, merupakan jenis kode matriks dua dimensi yang digunakan untuk menyimpan dan mengirimkan informasi dalam bentuk yang dapat dengan mudah dibaca oleh perangkat pemindai atau aplikasi khusus (Tiwari, 2016). Kode QR diciptakan

pada tahun 1994 di Jepang oleh inventor Bernama Masahiro Hara dari sebuah perusahaan bernama Denso Wave (Denso, 2021). Sejak saat itu, kode QR menjadi salah satu cara paling populer untuk menyimpan data secara efisien dan cepat. Sesuai namanya, kode QR merupakan pengembangan dari teknologi *barcode* dengan respons yang lebih cepat, dan kapasitas penyimpanan informasi yang lebih besar (Yao et al., 2022). Konsep dasar dari kode QR adalah kode dua dimensi yang terdiri dari berbagai kotak dan garis yang terbentuk dalam kotak-kotak berbentuk persegi, yang kemudian dapat dipindai oleh perangkat untuk mengungkapkan informasi yang tersimpan (Coleman, 2011).

Cara kerja kode QR sangat sederhana namun efektif. Sebuah kode QR terdiri dari serangkaian kotak hitam dan putih yang membentuk pola unik. Setiap kotak dan garis pada kode QR mewakili data biner, yang dapat berupa teks, URL, nomor telepon, gambar, video, teks, atau jenis informasi lainnya. Ketika kode QR dipindai dengan perangkat pemindai atau kamera ponsel pintar yang dilengkapi dengan aplikasi QR, perangkat tersebut akan memetakan pola kotak hitam dan putih dan mengonversinya menjadi data. Selanjutnya, perangkat akan menafsirkan data tersebut sesuai dengan jenis informasi yang tersimpan di dalam kode QR, dan pengguna akan melihat hasilnya dalam bentuk teks, tautan URL, atau tindakan lain yang sesuai dengan konten kode QR tersebut (Coleman, 2011). Dengan cara ini, kode QR menyederhanakan proses transfer informasi secara signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pengelolaan data laboratorium.

Berdasarkan Denso Wave (2014), terdapat 5 tipe kode QR dengan tampilan dan deskripsi yang terdapat pada Tabel 1. Keunggulan dari kode QR yaitu (1) dapat menyimpan berbagai bentuk informasi mencakup angka, huruf, simbol, maupun kode kontrol (Denso Wave, 2014); (2) berupa kode dengan ukuran yang kecil sehingga secara fisik mudah diletakkan di objek yang diinginkan, bahkan pada bidang yang sempit. Karena kode QR merepresentasikan data dalam arah vertikal dan horizontal, jumlah informasi yang disimpan oleh suatu kode batang dapat direpresentasikan dengan ukuran fisik sekitar sepuluh persen lebih kecil (Denso Wave, 2014); (3) dapat dibaca dari berbagai arah (360); (4) memiliki fitur pemulihan data pada tingkat tertentu (Denso Wave,

Tabel 1 Tipe - tipe kode QR

Nama dan bentuk	Deskripsi
<p>Kode QR Model 1/Model 2</p> 	<p>Kode QR Model 1 adalah kode QR orisinal. Kode model ini memiliki versi terbesar 14(73x73 modul) yang mampu menyimpan hingga 1.167 digit. Model 2 merupakan penyempurnaan dari Model 1, dengan versi terbesarnya yaitu 40(177x177 modul), yang mampu menyimpan hingga 7.089 digit. Saat ini, istilah kode QR umumnya mengacu pada Model 2 ini.</p>
<p>Kode QR Micro</p> 	<p>Tipe ini memiliki hanya satu posisi pola deteksi, sehingga dapat dicetak pada area yang lebih kecil. Margin minimalnya adalah lebar dua modul, lebih kecil dari tipe kode QR Model 1/ Model 2 yang memiliki margin minimal lebar empat modul. Versi terbesar dari tipe ini adalah M4(17X17 modul) yang mampu menyimpan hingga 35 digit.</p>
<p>SQRC</p> 	<p>Tipe ini memiliki fungsi pembacaan data terbatas, yang dapat digunakan untuk mengelola informasi pribadi, informasi internal, dan informasi rahasia lainnya. Tampilan SQRC sama dengan kode QR biasa.</p>
<p>rMQR</p> 	<p>Tipe ini berbentuk persegi panjang yang mudah ditampilkan atau disematkan pada area atau bidang yang sempit. Pola deteksi posisi besar dan kecil ditempatkan di setiap lokasi untuk mencapai kemudahan pembacaan maupun penampungan jumlah informasi yang besar. Tipe ini dapat menyimpan mulai dari 12 digit di R7 oleh versi 43(7x43 modul), hingga 361 digit di R17 oleh 139(7x139 modul).</p>
<p>Frame QR</p> 	<p>Tipe ini memiliki bidang kanvas yang dapat digunakan secara bebas dalam kode tersebut, seperti memasukkan huruf atau gambar. Keperluan penggunaan tipe kode QR ini antara lain sebagai alat promosi penjualan atau kode keaslian suatu produk.</p>

2014); (5) aman terhadap penyalinan dan pemalsuan, dimana susunan matriks titik dalam grafik kode QR tidak dapat diubah setelah dibuat, menghasilkan keunikan dan kemampuan anti-pemalsuan, yang juga dapat dilengkapi dengan enkripsi (Yao et al., 2022); (6) dapat dicetak pada berbagai jenis bahan cetakan, secara mudah hanya dengan menggunakan printer yang dapat mencetak media (Yao et al., 2022).

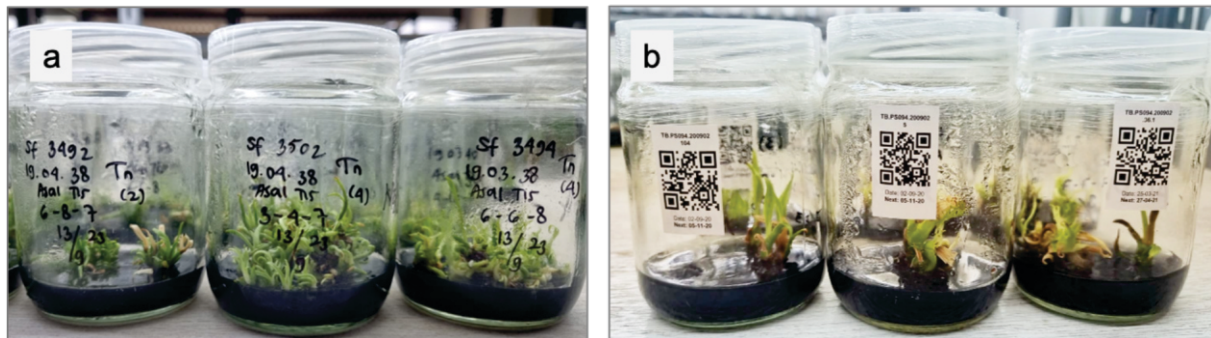
PENERAPAN KODE QR DALAM PENDATAAN KULTUR JARINGAN

Penerapan kode QR sendiri sudah sangat luas di berbagai bidang (Yao et al., 2022). Penerapan dalam dunia pertanian dan perkebunan pun sudah bukan hal yang baru. Zsohar Horticulture Company di Nagyrakos, Hungaria memanfaatkan kode QR untuk proses data dan kontrol dalam usaha perkebunan tanaman hias (Várallyai, 2012). Selain itu, cukup banyak perusahaan yang mengembangkan sistem berbasis kode QR untuk pengaturan, pengawasan dan kontrol seluruh proses pertanian di rumah kaca, antara lain Redbud software (redbudsaas.com), farmershive (farmershive.com), Vaisala (vaisala.com), 2smart (2smart.com), dan masih banyak lagi. Di Indonesia sendiri, kode QR banyak dimanfaatkan untuk pelabelan bibit, contohnya pada tanaman hortikultura (Admin DKPP, 2022), kopi (Ashley, 2023), kelapa sawit (Media Perkebunan, 2021). Ada pula yang dimanfaatkan untuk pendataan tanaman koleksi (Aji & Supriyono, 2020). Melihat fungsinya yang tidak terbatas, penggunaan dalam laboratorium pun tentu bisa dilakukan, tak terkecuali di laboratorium kultur jaringan.

Laboratorium kultur jaringan kelapa sawit, selain digunakan untuk penelitian, juga banyak difungsikan sebagai laboratorium produksi untuk menghasilkan bibit klonal kelapa sawit. Bibit klonal kelapa sawit umumnya diperoleh melalui teknik kultur jaringan yang disebut embriogenesis somatik tidak langsung (Karim, 2021). Teknik ini melibatkan serangkaian proses mulai dari pengambilan bahan tanaman (ortet) dari tanaman induk di lapang, kemudian sterilisasi, inisiasi kultur untuk menginduksi kalus, proliferasi kalus, induksi embrio somatik, maturasi embrio somatik, germinasi embrio somatik hingga tunas, pertumbuhan tunas hingga planlet, pembesaran dan pengakaran planlet sampai siap aklimatisasi, dan aklimatisasi hingga diperoleh bibit klonal kelapa sawit (Weckx et al., 2019).

Setiap proses atau tahap pada embriogenesis somatik kelapa sawit tak terlepas dari data yang perlu direkam dengan baik untuk memastikan seluruh alur produksi bibit klonal berjalan dengan tepat hingga menjamin keakuratan produk yang didistribusikan, serta memungkinkan penelusuran balik untuk identifikasi masalah jika terjadi. Mulai sejak proses pengambilan eksplan dari ortet, identitas tanaman sumber ortet harus tercantum dalam pendataan. Selanjutnya pada proses di laboratorium setidaknya diperlukan pencatatan data jenis perlakuan atau media yang digunakan pada setiap tahapnya, tanggal pengerjaan kultur maupun subkultur, jumlah dan riwayat subkultur, lebih lengkap lagi dengan keterangan personel yang mengerjakan kultur. Data tersebut umumnya dicantumkan pada wadah-wadah kultur sebagai label atau identitas kultur. Pada sistem pendataan manual, pemberian label dilakukan dengan menuliskan data tersebut pada botol atau tabung kultur menggunakan spidol (Gambar 1a), atau berupa label tempel yang ditulis atau dicetak sebelumnya. Salinan data kemudian dituliskan oleh personel pada *logbook* harian, yang kemudian bisa juga dicadangkan di komputer melalui input data manual. Praktek serupa dilakukan oleh teknisi maupun peneliti untuk menghimpun data pengamatan perlakuan maupun kondisi tanaman rutin.

Kelemahan utama yang dirasakan di laboratorium dengan sistem pendataan manual yaitu pekerjaan pendataan memakan waktu yang cukup lama, terutama untuk pelabelan pada botol/tabung kultur menggunakan spidol. Sebagai contoh, dalam satu hari satu pelaksana kultur minimal mampu mengerjakan subkultur sebanyak 100 botol. Setelah selesai melakukan kultur, pelaksana tersebut harus menuliskan keterangan yang kurang lebih sama pada setiap 100 botol tersebut. Pemberian kode dengan sistem *bulk* misalnya hanya pada rak dari beberapa kelompok tabung atau botol memiliki risiko tertukar atau tercampurnya kultur yang tidak sejenis identitasnya. Belum lagi kelemahan jangka panjangnya, yaitu risiko terhapusnya kode yang ditulis dengan spidol, atau tulisan yang tidak terbaca yang juga berakibat tercampur atau tertukarnya identitas kultur.



Gambar 1. Pelabelan kultur jaringan secara manual (a), dan pelabelan kultur jaringan menggunakan kode QR (b)

Kelemahan lain yang juga penting, berkaitan dengan output produk yang dihasilkan yaitu kesulitan dalam penelusuran dan analisis data. Ketertelusuran produk bibit hasil kultur jaringan sangat penting, terutama seperti pada tanaman kelapa sawit yang melibatkan beberapa kali tahap perkembangan dan subkultur. Seluruh riwayat mengenai asal eksplan, media-media dan perlakuan yang pernah digunakan harus dapat ditelusur dari bibit yang dihasilkan maupun yang kemudian telah ditanam di kebun. Salah satu gunanya adalah sebagai acuan evaluasi apabila terjadi masalah pada bibit yang dihasilkan, contohnya tanaman abnormal.

Berdasarkan beberapa kelemahan tersebut, substitusi pelabelan dan pendataan dengan sistem yang lebih efektif dan modern seperti pemanfaatan kode QR dapat menjadi salah satu jalan keluar. Identitas kultur yang selama ini ditulis manual bisa dikonversi menjadi kode QR yang dapat dicetak dengan ukuran kecil dan ditempelkan ke wadah-wadah kultur (Gambar 1b). Kode QR ini dapat memuat banyak informasi atau data yang ingin ditambahkan terkait identitas kultur tanaman yang sedang dikerjakan. Sistem kerjanya pun terbilang lebih praktis karena personel dapat memindai kode QR, lalu melakukan penambahan data kultur seperti tanggal subkultur atau kondisi tanaman saat subkultur melalui opsi pada aplikasi yang dikembangkan sebagai pelengkap sistem pendataan kultur jaringan tersebut. Penambahan data dapat dilakukan oleh setiap personel laboratorium yang memiliki akun terdaftar pada aplikasi dengan kategori "role" tertentu terkait keleluasaan akses pada aplikasi. Untuk kultur dalam jumlah banyak

seperti contoh kasus yang dipaparkan sebelumnya, aplikasi dapat dikembangkan dengan fitur penerapan data untuk batch, sehingga input data cukup dilakukan pada satu sampel dalam batch tersebut dan data otomatis ter-copy pada semua individu pada batch tersebut.

Tissue Culture Tracking

Belum banyak aplikasi berbasis kode QR dan IoT untuk manajerial pekerjaan dan pendataan di laboratorium kultur jaringan yang telah dikembangkan, dan sebagian besar berasal dari luar negeri, seperti TCTrack (2nd sightbio.com). Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Bogor mengembangkan aplikasi tersebut dengan nama *Tissue Culture Tracking* (tctracking.iribb.org) (Gambar 2). Aplikasi dikembangkan berbasis website yang dapat diakses dengan hampir semua jenis gawai seperti komputer, laptop, tablet, dan ponsel pintar.

Pada laman muka aplikasi terdapat pilihan Login dan Masuk sebagai pengunjung (Gambar 2). Pilihan Login disediakan untuk akses personel laboratorium dan supervisor terkait, sedangkan pengunjung lain yang tidak terkait dengan sistem kerja di laboratorium dapat menggunakan pilihan Masuk sebagai pengunjung. Pilihan dan pembatasan akses ini dimaksudkan sebagai salah satu bentuk pengamanan data. Akses yang diberikan untuk pengunjung adalah dapat memindai kode QR yang terdapat pada kultur, namun hanya dapat melihat identitas kultur seperti kode kultur, kode media, dan tanggal kultur; tanpa bisa melakukan penyuntingan maupun penambahan data baru.



Gambar 2. Laman muka Tissue Culture Tracking. Sumber: tctracking.iribb.org

Setiap personel laboratorium dapat memiliki akses untuk Login aplikasi dengan cara didaftarkan sebelumnya oleh PIC laboratorium. Secara umum, Menu pada aplikasi yang dapat diakses setelah melakukan Login, yaitu Dashboard, Subkultur, Laporan, dan Setup (Gambar 3). Menu Dashboard berisi pengingat jadwal “Subkultur Hari Ini”, maupun “Subkultur Terlambat” (Gambar 3). Menu Subkultur adalah untuk proses input data baik “Induksi Awal” maupun “Subkultur” (Gambar 4). Secara umum, ketika melakukan proses kultur, baik inisiasi awal maupun subkultur, personel dapat melakukan input data terlebih dahulu pada aplikasi sesuai dengan pilihan-pilihan data yang telah disediakan aplikasi (Gambar 4), kemudian dicetak menjadi kode QR sebagai label pada kultur yang dikerjakan.

Opsi subkultur pada menu Subkultur memiliki 3 fungsi: (1) Menampilkan riwayat kultur dan subkultur yang telah dialami oleh kultur tersebut (Gambar 5), (2) Pelabelan kultur secara digital saat melakukan subkultur, dan (3) Input data pengamatan kondisi tanaman kultur. Setelah memilih opsi Subkultur, maka jendela pemindaian akan terbuka. Personel lab kemudian memindai kode QR yang telah disematkan pada wadah kultur, maka informasi yang terbuka adalah riwayat kultur dari individu kultur yang ada di wadah tersebut (Gambar 5). Fitur inilah yang bermanfaat dalam proses penelusuran data mengenai riwayat tanaman produk kultur jaringan.

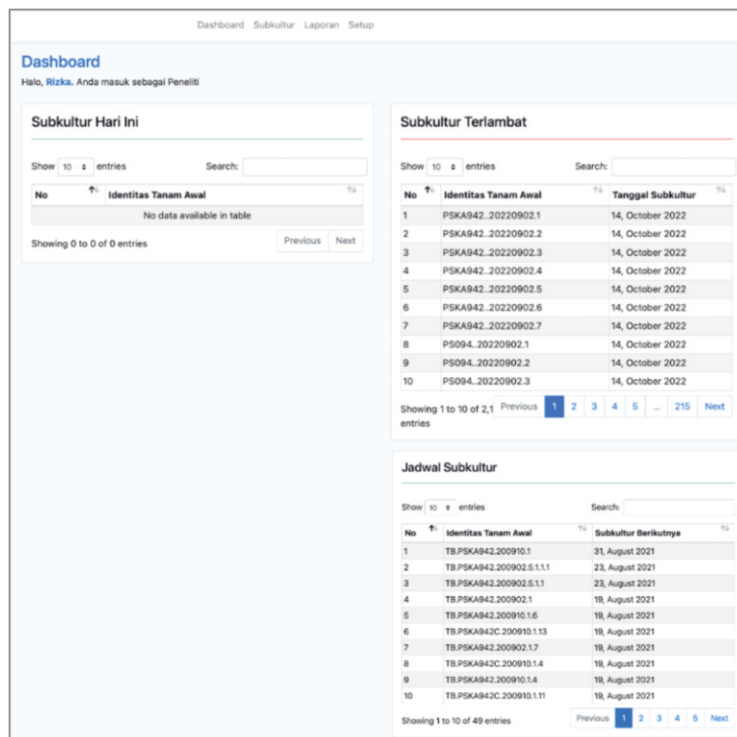
Selanjutnya, jika yang mengakses menu ini adalah pelaksana kultur yang melakukan subkultur, maka selanjutnya pelaksana dapat melakukan input data subkultur sebagaimana yang biasa dilakukan

pada pelabelan kultur secara manual, yaitu antara lain tanggal pengerjaan, ruang penyimpanan (gelap/terang), wadah kultur, fase kultur, media yang digunakan, dan lama waktu inkubasi (Gambar 6). Data lama waktu inkubasi akan terhubung dengan fitur pengingat waktu subkultur (Gambar 7). Pada menu ini terdapat fitur utama yaitu penerapan data yang diinput untuk *batch* kultur, “Terapkan pada *batch*” yang menjadi keunggulan dibandingkan pada pendataan manual. Akses opsi subkultur pada menu Subkultur ini juga diakses untuk pendataan saat pengamatan. Dengan prosedur yang sama dengan pelabelan subkultur, data yang dapat diinput saat pengamatan antara lain kondisi kultur (baik, kontaminasi, *browning*, mati), hasil pengamatan pertumbuhan (eksplan bengkak, tumbuh kalus, tumbuh embrio somatik, tumbuh tunas, tumbuh planlet, tumbuh akar), opsi untuk penundaan atau percepatan subkultur (Gambar 6), misalnya jika dirasa kultur masih bertahan dalam waktu yang lebih lama, belum ada pertumbuhan, atau perlu penyelamatan dari kontaminasi.

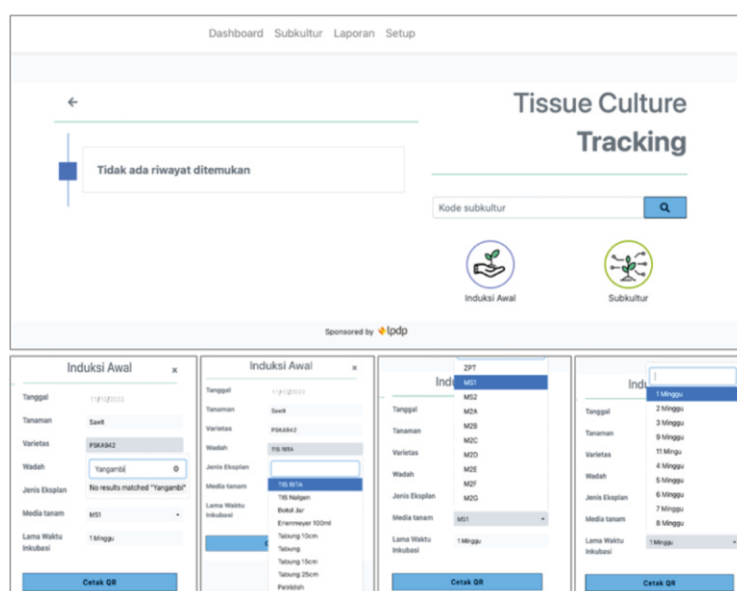
Hasil input data inisiasi kultur, subkultur maupun pengamatan kemudian dapat diekstrak pada menu Laporan. Pada menu Laporan, personel dapat melakukan filter data apa saja yang diinginkan atau data pada periode waktu tertentu (Gambar 8a). Data yang diperoleh sudah berbentuk grafik yang mudah dibaca, dan terdapat fitur untuk saling bertukar data/laporan, yaitu “Kirim ke Peneliti/Supervisor” (Gambar 8b). Aplikasi Tissue Culture Tracking juga dilengkapi dengan menu “Setup” yang berfungsi untuk penambahan atau penyuntingan metadata

yang diperlukan, seperti penambahan akses bagi personel lab untuk memperoleh akun, nama tanaman, nama varietas tanaman, nama/ kode

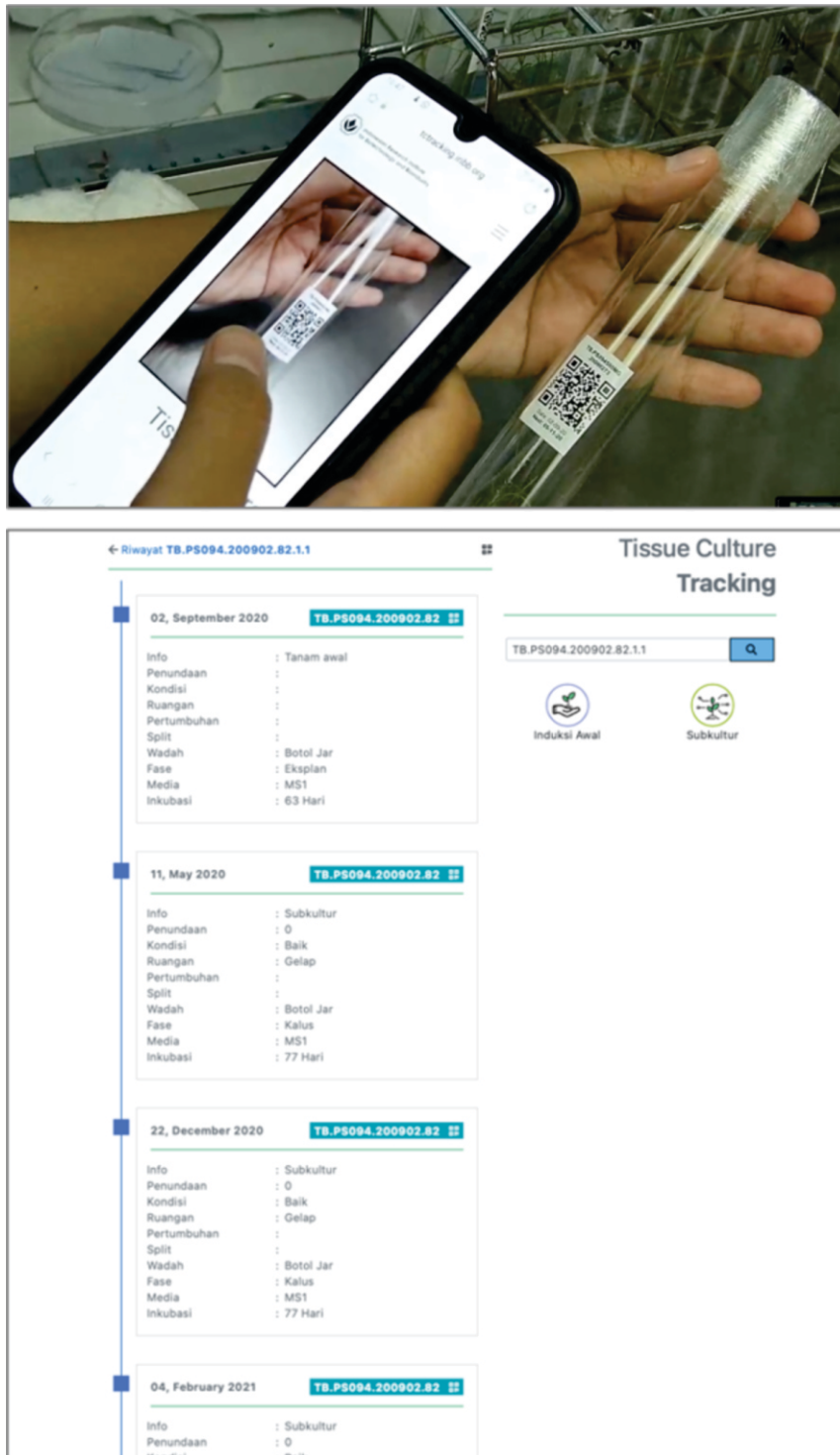
media, nama wadah kultur, fase kultur, kondisi kultur, waktu inkubasi, dan pengaturan pengingat (Gambar 9).



Gambar 3. Tampilan “Dashboard” pada Aplikasi *Tissue Culture Tracking*. Sumber: tctracking.iribb.org



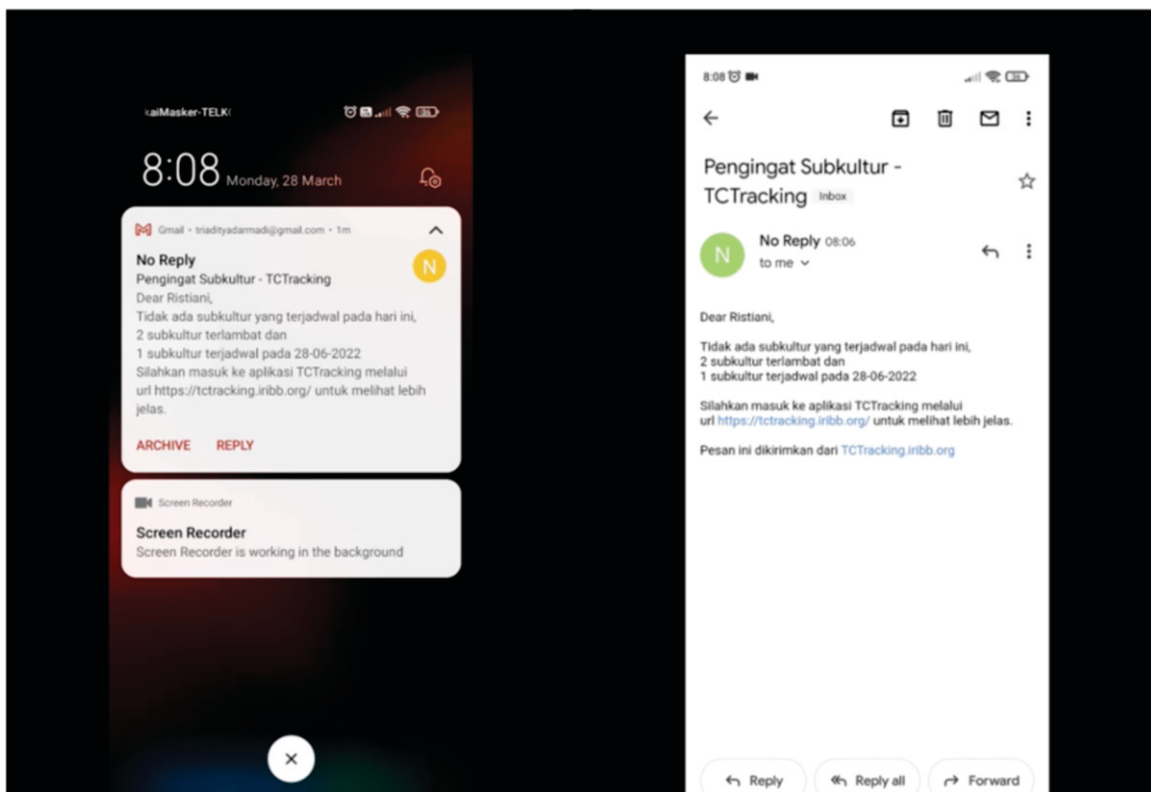
Gambar 4. Fitur pada Menu “Subkultur” Opsi “Induksi Awal” pada Aplikasi *Tissue Culture Tracking*. Sumber: tctracking.iribb.org



Gambar 5. Pemindaian kode QR untuk penelusuran riwayat kultur pada Aplikasi *Tissue Culture Tracking*. Sumber: tctracking.iribb.org



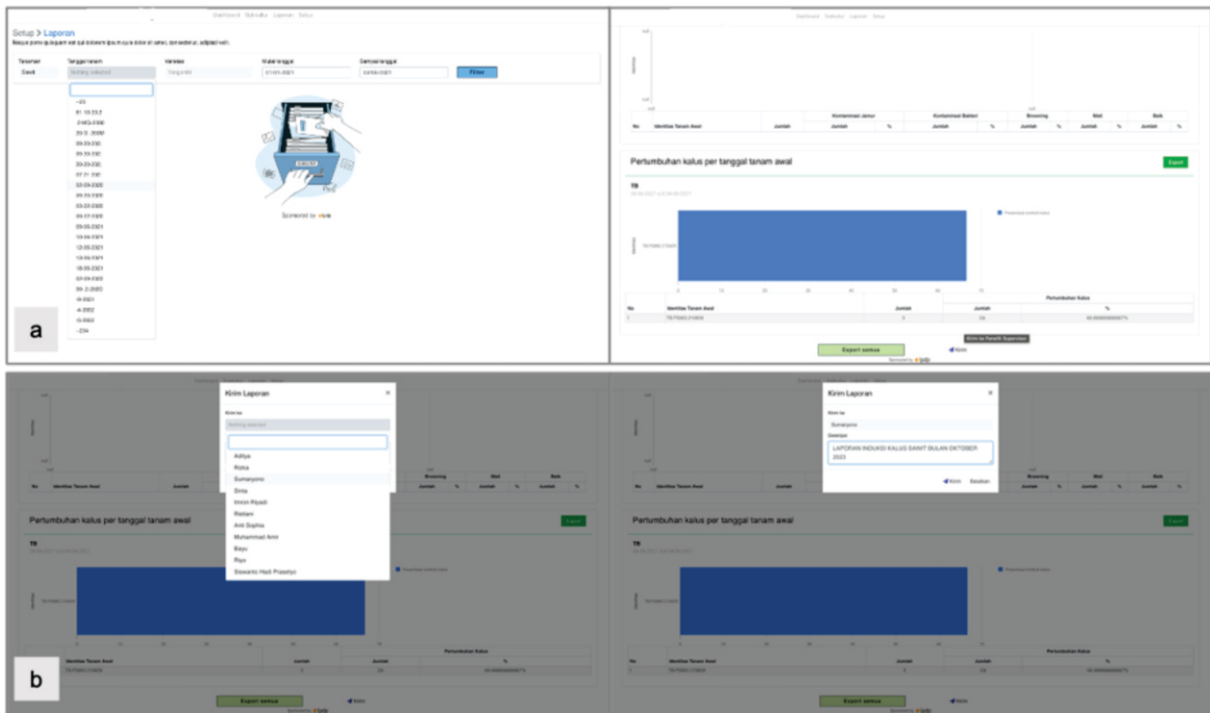
Gambar 6. Menu “Subkultur” Opsi “Subkultur” pada Aplikasi *Tissue Culture Tracking* untuk digitalisasi pelabelan kultur dan perekaman data pengamatan. Sumber: tctracking.iribb.org



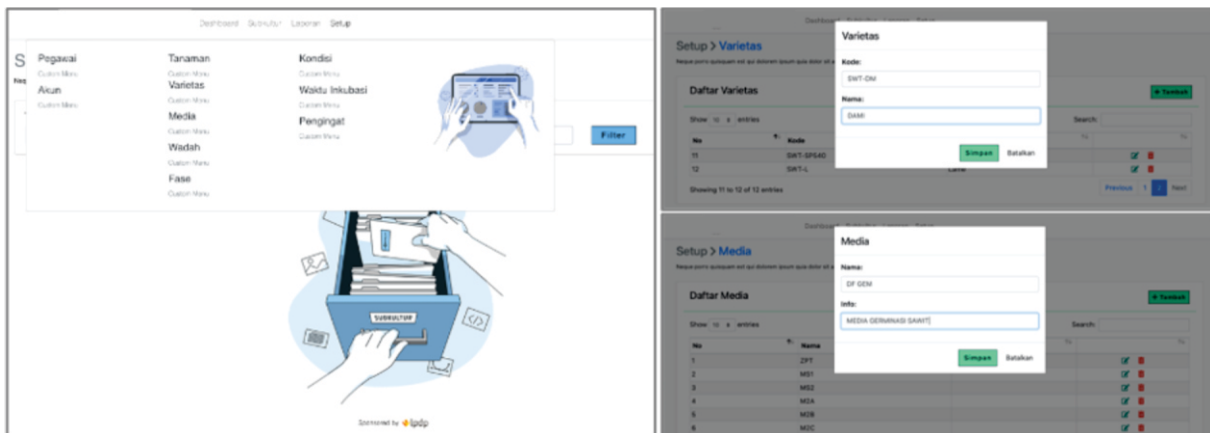
Gambar 7. Peningat jadwal subkultur yang dapat terkirim ke gawai personel melalui surel. Sumber: tctracking.iribb.org

Hasil input data inisiasi kultur, subkultur maupun pengamatan kemudian dapat diekstrak pada menu Laporan. Pada menu Laporan, personel dapat melakukan filter data apa saja yang diinginkan atau data pada periode waktu tertentu (Gambar 8a). Data yang diperoleh sudah berbentuk grafik yang mudah dibaca, dan terdapat fitur untuk saling bertukar data/laporan, yaitu “Kirim ke Peneliti/Supervisor”

(Gambar 8b). Aplikasi Tissue Culture Tracking juga dilengkapi dengan menu “Setup” yang berfungsi untuk penambahan atau penyuntingan metadata yang diperlukan, seperti penambahan akses bagi personel lab untuk memperoleh akun, nama tanaman, nama varietas tanaman, nama/ kode media, nama wadah kultur, fase kultur, kondisi kultur, waktu inkubasi, dan pengaturan pengingat (Gambar 9).



Gambar 8. Menu “Laporan” pada Aplikasi *Tissue Culture Tracking*. Sumber: tctracking.iribb.org



Gambar 9. Menu “Setup” pada Aplikasi *Tissue Culture Tracking* untuk Pengaturan Metadata. Sumber: tctracking.iribb.org

TANTANGAN DAN SOLUSI

Penerapan kode QR dalam pendataan alur proses kerja di laboratorium kultur jaringan memang memiliki manfaat dan keunggulan yang menjanjikan. Meskipun demikian, seperti halnya setiap teknologi, juga menimbulkan tantangan-tantangan khusus. Setiap tantangan yang ada perlu diidentifikasi dan dipahami untuk dicarikan solusinya.

Pengembangan Fitur dan Menu Aplikasi yang Sesuai dan Akurat dengan Proses Kultur

Kesulitan utama yang dihadapi dalam implementasi pemanfaatan kode QR dalam pendataan proses produksi bibit klonal kelapa sawit adalah pada proses pengembangan fitur dan menu aplikasi Tissue Culture Tracking. Kultur kelapa sawit yang menggunakan jalur embriogenesis somatik melalui cukup banyak tahap. Pada setiap tahap tersebut melibatkan terjadinya proliferasi eksplan, baik dalam bentuk kalus, embrio somatik, germinan, dan tunas. Bisa dikatakan bahwa dari satu potongan eksplan yang diinisiasi di awal kultur akan berkembang menjadi ribuan individu planlet atau bibit. Hal ini menjadi kesulitan utama dalam mengidentifikasi dan menyesuaikan menu aplikasi sedemikian rupa untuk menjaga keakuratan identitas dan ketertelusuran kultur.

Lain halnya dengan tanaman yang dikultur dengan teknik *embryo rescue* sebagai contoh pada kelapa kopyor, dimana satu buah embrio kelapa kopyor diinisiasi pada media kultur, dan berkembang terus hingga menjadi satu individu planlet dan bibit tanpa ada pembelahan maupun perbanyakan. Pendataan jauh lebih mudah dilakukan karena bisa dikatakan dari satu individu awal A akan terus menjadi satu individu A. Sedangkan pada kultur kelapa sawit dari satu eksplan A akan menjadi ratusan kalus yang juga terus bermultiplikasi, dan seterusnya hingga menjadi planlet dan bibit.

Solusi yang dilakukan untuk kesulitan tersebut adalah dengan terus menerus melakukan uji coba dan penyesuaian sistem selama pengembangan. Apakah dengan menu awal yang sudah ada bisa diterapkan dan berhasil menjaga ketertelusuran identitas kultur. Jika masih terdapat *gap*, perlu ditambahkan fitur, menu, maupun opsi penyesuaian. Proses ini yang memakan waktu cukup lama agar benar-benar sesuai

keperluan pengontrolan dalam produksi bibit klonal kelapa sawit. Koordinasi dan sinergi antara peneliti atau personel laboratorium yang melaksanakan produksi bibit dengan tenaga IT yang mengembangkan teknologi terus dilakukan.

Akses Internet yang Memadai

Akses internet merupakan komponen utama dari sistem pendataan dengan kode QR. Dalam konteks industri 4.0 dimana IoT memainkan peran penting, akses internet yang memadai hampir wajib diperlukan. Akses internet yang cepat memungkinkan pengguna untuk mengakses data yang tersimpan dalam kode QR. Kecepatan menjadi krusial jika data perlu diakses dalam waktu nyata atau memiliki ukuran file yang besar. Akses internet yang baik juga mendukung kolaborasi jarak jauh, dimana personel laboratorium dapat mengakses data, memantau, dan berbagi dari lokasi yang berbeda. Hal ini sangat membantu dalam kondisi seperti pandemi yang tidak memungkinkan pemantauan langsung dari laboratorium.

Namun terkadang terdapat situasi dimana akses internet tidak selalu tersedia atau kurang stabil. Untuk mengatasi tantangan ini, solusi lokal yang dapat bekerja pada kondisi luar jaringan (*offline*) mungkin diperlukan. Hal ini dapat mencakup penyimpanan data lokal pada perangkat yang terhubung ke kode QR atau mengimplementasikan metode penyimpanan data lokal yang dapat diakses ketika koneksi internet kembali tersedia. Dengan demikian, perencanaan yang baik dan fleksibilitas dalam sistem pendataan kode QR dapat membantu mengatasi masalah potensial yang berkaitan dengan akses internet yang tidak selalu dapat diandalkan.

Kecanggihan dan Kompatibilitas Perangkat

Perangkat pemindai kode QR dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem data atau aplikasi yang dibangun harus kompatibel agar dapat bekerja secara efektif. Hal ini dilakukan dengan penyesuaian sistem aplikasi yang memungkinkan perangkat yang tersedia di laboratorium maupun yang dimiliki oleh personel laboratorium dapat berfungsi. Menjadi pilihan apakah sistem aplikasi akan dibangun berbasis website (*web-based application*), atau berbasis *mobile (mobile application)*, atau keduanya. *Web-based application* cenderung lebih fleksibel dan dapat digunakan oleh

hampir semua jenis gawai karena tidak perlu ada pengunduhan, serta tidak perlu pembaruan. Namun memiliki kelemahan yaitu ketergantungan pada website, kecepatan relatif lebih lambat, keamanan relatif lebih berisiko, dan memiliki keterbatasan fungsi (Hussin et al., 2020). *Mobile application* dapat dibangun dan bekerja lebih efektif, namun perlu dibuat kompatibel dengan jenis gawai tertentu seperti android atau macOS, dan perlu menggunakan kapasitas gawai untuk pengunduhan aplikasi (Hussin et al., 2020). Pengembangan aplikasi yang kompatibel dengan semua jenis gawai lebih menguntungkan, namun tentunya memerlukan usaha yang lebih. Begitu pula jika mengusahakan untuk membuat kedua sistem. Selain itu, pengujian perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan harus dilakukan sebelum implementasi teknologi dijalankan.

Hal lain yang tak kalah penting yaitu kualitas perangkat yang digunakan personel maupun laboratorium. Salah satunya, kualitas perangkat pemindai yang digunakan dapat mempengaruhi kemampuan pembacaan kode QR. Pemenuhan fasilitas yang memadai ini juga menjadi konsekuensi yang tak terhindarkan dalam penerapan teknologi modern. Revitalisasi sarana dan prasarana laboratorium yang menunjang implementasi teknologi ini secara bertahap dapat menjadi salah satu solusi.

Integritas Data dan Keamanan Informasi

Kode QR dapat dengan mudah dipindai oleh siapa saja, yang berarti data yang terkandung dalam kode tersebut harus terlindungi dari manipulasi atau pencurian. Untuk mengatasi masalah ini, perlu diimplementasikan langkah-langkah keamanan yang kuat. Kolaborasi dengan tim keamanan data mutlak diperlukan. Hal ini juga penting untuk memastikan bahwa penerapan kode QR sesuai dengan peraturan yang berlaku dan tidak melanggar kebijakan pemerintah maupun peraturan yang berlaku di perusahaan.

Pengamanan data meliputi pengamanan terhadap pencurian data/ *leaking information*, maupun kehilangan data. Pengamanan terhadap pencurian data dan *leaking information* dapat dilakukan melalui enkripsi data (Cao et al., 2016; Ferdiansyah et al., 2021) dan otorisasi akses terbatas hanya untuk personel yang berwenang. Pada penerapannya di

laboratorium kultur jaringan untuk produksi bibit klonal kelapa sawit, otorisasi akses yang dapat dilakukan antara lain klasifikasi pengguna/user dan pemisahan wewenang user.

Sebagai contoh terdapat kategori *user*: tamu, pelaksana kultur, teknisi, peneliti, dan supervisor. Setiap klasifikasi *user* memiliki akses terhadap pemindaian maupun aplikasi yang berbeda-beda sesuai keperluannya. Ketika *user* "tamu" melakukan pemindaian kode QR pada kultur, mereka hanya dapat mengakses informasi seperti: nama tanaman, nama varietas/jenis, tanggal kultur. *User* "pelaksana kultur" dapat mengakses informasi: nama tanaman, nama varietas/jenis, tanggal kultur, riwayat subkultur, kode media/perlakuan, serta akses untuk menambahkan input data baru ketika melakukan kultur. *User* teknisi memiliki akses tambahan *input* data pengamatan, pengingat jadwal, serta berkirim data/ laporan ke peneliti dan supervisor. *User* peneliti memiliki akses tambahan untuk ekstrak dan analisis data, serta berkirim data/laporan ke supervisor. *User* supervisor memiliki akses untuk melihat dan mengekstrak data maupun analisis data.

Selain keamanan terhadap pencurian data, pengamanan terhadap kehilangan data juga perlu perhatian. Mencadangkan data yang terkandung pada kode QR juga merupakan tindakan yang bijak untuk menghindari kehilangan informasi yang penting dalam situasi darurat, seperti kerusakan perangkat keras atau kegagalan sistem.

Pemeliharaan

Pemeliharaan perlu dilakukan terutama untuk mengurangi risiko gangguan operasional. Pemeliharaan yang perlu dilakukan meliputi pemeliharaan fisik dan sistem. Pemeliharaan fisik pada kode QR pada kultur perlu dilakukan untuk mencegah kerusakan pada kode. Kode QR harus tetap berfungsi dan terbaca sepanjang waktu. Kerusakan pada kode QR berisiko menghasilkan informasi yang salah atau tidak dapat diakses (Huo et al., 2021). Teknologi kode QR sebenarnya telah dilengkapi dengan fitur koreksi kesalahan (*error correction*), yang artinya informasi dalam kode QR tetap dapat diekstrak atau dipulihkan meskipun terdapat coretan (*stain*) atau kerusakan (*damage*) pada kode QR (Gambar 9) (Denso Wave, 2014). Akan

tetapi, fitur ini tetap memiliki batasan. Pada kode QR terdapat unit yang membangun area data yang disebut codeword. Maksimal 30% dari codeword dapat dipulihkan, dimana satu codeword setara dengan 8 bit

(Denso Wave, 2014). Meskipun demikian, ada kalanya data tidak dapat dipulihkan dengan tingkat coretan dan kerusakan tertentu pada kode QR (Denso Wave, 2014).



Gambar 9. Ilustrasi coretan (*stain*) dan kerusakan (*damage*) pada kode QR

Pemeliharaan fisik terhadap kode QR antara lain meliputi pemeriksaan visual secara berkala, pemantauan integritas kode, dan penggantian jika diperlukan. Pemeliharaan fisik lainnya yaitu pengecekan perangkat keras maupun instalasi listrik secara rutin dan melakukan perbaikan segera jika terdapat alat yang rusak atau bermasalah. Pengecekan perangkat keras tentunya juga melibatkan pemeliharaan kebersihan ruangan atau lingkungan untuk meminimalisir kerusakan atau penurunan fungsi perangkat karena kotoran atau debu (Wakil et al., 2023).

Pemeliharaan sistem meliputi pemeliharaan akses internet dan listrik, serta perangkat lunak. Peningkatan terhadap kapasitas internet maupun daya listrik perlu dilakukan atau dipertimbangkan jika dengan kapasitas eksisting sudah tidak mumpuni. Pembaruan perangkat lunak sistem aplikasi harus dilakukan secara teratur untuk memastikan bahwa semua fitur dan perbaikan keamanan terbaru telah diinstal. Perangkat lunak aplikasi dan sistem operasi yang ketinggalan zaman atau tidak diperbarui rentan terhadap masalah keamanan dan kinerja (Landman et al., 2013; Rajivan et al., 2020). Selanjutnya, diperlukan pemantauan kinerja sistem aplikasi untuk memastikan segala sesuatu berjalan dengan baik, yang melibatkan pengecekan metrik, waktu respons, penggunaan perangkat keras, dan kapasitas penyimpanan. Pemantauan kapasitas penyimpanan adalah hal yang krusial karena juga melibatkan keamanan terhadap kehilangan data.

Kemampuan dan Kesadaran Personel untuk Mengikuti Perkembangan Teknologi

Implementasi sistem dengan teknologi modern di laboratorium memerlukan personel yang terlatih. Pelatihan dan sosialisasi secara regular perlu diselenggarakan dalam hal penggunaan, pemeliharaan, keamanan data maupun penanggulangan masalah (*troubleshooting*). Kesadaran akan manfaat teknologi modern dan pentingnya keakuratan dan keamanan data juga perlu ditanamkan dalam budaya kerja di laboratorium. Hal ini memang tidak mudah, mengingat kebiasaan sistem kerja manual yang sudah dipraktekkan selama puluhan tahun, serta kemampuan dan keterampilan personel yang berbeda-beda dalam mengikuti perkembangan teknologi. Oleh karena itu, pembiasaan menjadi cara terbaik untuk penyempurnaan implementasi teknologi pendataan berbasis kode QR untuk laboratorium kultur jaringan.

KESIMPULAN

Pengenalan kode QR sebagai alat pengelolaan data di laboratorium kultur jaringan menawarkan peluang efisiensi penelitian dan produksi bibit klonal kelapa sawit. Penerapan digitalisasi ini mampu memfasilitasi pencatatan dan ketertelusuran data yang lebih akurat, efisien, serta memungkinkan akses data secara instan melalui gawai, mengikuti prinsip *Internet of Things* (IoT) yang menghubungkan perangkat dan data dalam waktu nyata. Tantangan implementasi

digitalisasi data berbasis IoT pada kultur jaringan melibatkan ketersediaan fasilitas yang memadai (akses internet, listrik, dan perangkat), serta budaya kerja dari SDM laboratorium. Revitalisasi fasilitas laboratorium, serta sosialisasi, pelatihan, dan pembiasaan perlu terus dilakukan untuk mengikuti perkembangan zaman yang bermanfaat bagi kinerja laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin DKPP. (2022). Pemasangan Label Tanaman di Balai Perlindungan dan Perbenihan Hortikultura Kebulen Menggunakan Teknologi "Quick Response (QR) Code" – Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian. Retrieved October 18, 2023, from <https://dkpp.indramayukab.go.id/pemasangan-label-tanaman-di-balai-perlindungan-dan-perbenihan-hortikultura-kebulen-menggunakan-teknologi-quick-response-qr-code/>
- Aji, W. W., & Supriyono, H. (2020). Sistem penampilan informasi koleksi tanaman berbasis QR-Code. *Jurnal Emitor*, 20(1), 7–12.
- Ashley. (2023). Kode QR untuk Kebun Kopi: Cara Menggunakannya & Mengapa Harus - QR TIGER. Retrieved October 18, 2023, from <https://www.qrcode-tiger.com/id/qr-codes-for-coffee-farms>
- Cao, X., Feng, L., Cao, P., & Hu, J. (2016). Secure QR code scheme based on visual cryptography. *Advances Inn Intelligent Systems Research*, 133, 433–436.
- Cochard, B., Durand-Gasselin, T., Amblard, P., Konan, E. K., & Gogor, S. (2000). Performance of adult oil palm clones. In Ariffin Darus, Chan Kook Weng, Sharifah Shahrul, & Syed Alwee (Eds.), *Emerging technologies and opportunities in the next millennium. Agriculture Conference: Proceedings of 1999 PORIM International Palm Oil Congress (PIPOC 1999)* (pp. 53–64). PORIM. Retrieved from <https://agritrop.cirad.fr/392515/>
- Coleman, J. (2011). QR codes: what are they and why should you care? *Kansas Library Association College and University Libraries Section Proceedings*, 1(1), 16–23. <https://doi.org/10.4148/culs.v1i0.1355>
- Denso. (2021). QR Code – Invented by DENSO, our technology use during COVID-19. Retrieved October 18, 2023, from <https://www.denso.com/in/en/news/newsroom/2021/20210812-01/>
- Denso Wave. (2014). What is a QR Code®? Retrieved October 18, 2023, from <https://www.denso-wave.com/en/system/qr/fundamental/qrcode/qr/index.html>
- Ferdiansyah, F., Id Hadiana, A., & Rakhmat Umbara, F. (2021). Penggunaan QR code berbasis kriptografi algoritma AES (Advanced Encryption Standard) untuk administrasi rekam medis. *Journal of Information Technology*, 3(2), 20–27. <https://doi.org/10.47292/JOINT.V3I2.64>
- Huo, L., Zhu, J., Singh, P. K., & Pavlovich, P. A. (2021). Research on QR image code recognition system based on artificial intelligence algorithm. *Journal of Intelligent Systems*, 30(1), 855–867. <https://doi.org/10.1515/JISYS-2020-0143>
- Hussin, M. A., Kadir, M. F. A., Ghazali, S. A. M., Md Hanafiah, S. H., & Zakaria, A. H. (2020). The effectiveness of web systems and mobile applications for their end-users. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, (1), 148–152. <https://doi.org/10.14445/22315381/CATI3P224>
- Kamil, N. N., Ong-Abdullah, M., Hashim, A. T., Ishak, Z., Nambiappan, B., & Ismail, A. (2020). Economic feasibility of clonal oil palm planting material. *Journal of Oil Palm Research*, 32(3), 509–517. <https://doi.org/10.21894/JOPR.2020.0042>
- Karim, S. K. A. (2021). An Overview of Oil Palm Cultivation via Tissue Culture Technique. In K. Hesam (Ed.), *Elaeis guineensis*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.99198>
- Landman, A. B., Takhar, S. S., Wang, S. L., Cardoso, A., Kosowsky, J. M., Raja, A. S., ... Poon, E. G. (2013). The hazard of software updates to clinical workstations: a natural experiment. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*, 20(e1), e187.

- <https://doi.org/10.1136/AMIAJNL-2012-001494>
Media Perkebunan. (2021, October 4). Mudahkan Ketelusuran, Benih Kelapa Sawit Wajib Cantumkan QR Code . Retrieved October 18, 2023, from <https://mediaperkebunan.id/mudahkan-ketelusuran-benih-kelapa-sawit-wajib-cantumkan-qr-code/>
- Rajivan, P., Aharonov-Majar, E., & Gonzalez, C. (2020). Update now or later? Effects of experience, cost, and risk preference on update decisions. *Journal of Cybersecurity*, 6(1), tyaa002. <https://doi.org/10.1093/CYBSEC/TYAA002>
- Tiwari, S. (2016). An introduction to QR code technology. *International Conference on Informmation Technology*, 39–44. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2016.021>
- Várallyai, L. (2012). From barcode to QR code applications. *Journal of Agricultural Informatics*, 3(2), 9–17. <https://doi.org/10.17700/JAI.2012.3.2.92>
- Wakil, F. B., Umar, A. A., Goni, S. A., & Tijjani, M. M. (2023). The limiting effect of dust on computer system. *International Academic Journal of Information, Communication, Technology & Engineering*, 8(3), 12–17. Retrieved from <https://accexgate.com/wp-content/uploads/2023/06/22239428342542832.pdf>
- Weckx, S., Inzé, D., & Maene, L. (2019). Tissue culture of oil palm: Finding the balance between mass propagation and somaclonal variation. *Frontiers in Plant Science*, 10, 462551. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2019.00722/BIBTEX>
- Wolf, L. J., & Hartney, V. J. (1986). Computer system to assist with mannagement of a tissue culture laboratory. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 16(3), 392–402. Retrieved from https://www.scionresearch.com/__data/assets/pdf_file/0003/59763/NZJFS1631986WOLF392_402.pdf
- Yao, Y., Wang, L., & Shen, J. (2022). Features and applications of QR codes. *International Journal for Innovation Education and Research*, 10(5), 166–169. <https://doi.org/10.31686/IJIER.VOL10.ISS5.3762>

