



AKSELERASI WAKTU PELAPORAN OPERASI IRIGASI MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS WEB SISTEM MANAJEMEN OPERASI DAN PEMELIHARAAN IRIGASI (SMOPI)

ACCELERATION OF THE IRRIGATION OPERATION REPORTING USING WEB-BASED APPLICATION IRRIGATION OPERATIONS MANAGEMENT SYSTEM (SMOPI)

Oleh:

Hanhan A. Sofiyuddin¹⁾✉, Dadan Rahmandani¹⁾

¹⁾ Balai Litbang Irigasi, Puslitbang Sumberdaya Air, Kementerian PUPR
Jl. Cut Meutia, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

Korespondensi Penulis, email: ✉hanhan.ahmad@pu.go.id,

Naskah ini diterima pada 16 Desember 2019; revisi pada 20 Desember 2019;
disetujui untuk dipublikasikan pada 30 Desember 2019

ABSTRACT

More efficient irrigation management is needed in the face of limited water availability and the increasing water requirements for other than agricultural sectors. This can be done by improving the accuracy of irrigation water through the optimizing of irrigation operation intervals. One effort which can be done is minimizing the time needed to report irrigation operation activities using web-based application Irrigation Operations Management System (SMOPI). Research is conducted to identify the minimum time required for the reporting of irrigation operations, either manually or using SMOPI. The research was conducted as a case study in the Bondoyudo irrigation area by means of the collection of data through discussions and questionnaires as well as analysis of the time needed to report irrigation operation activities using the Critical Path Method. The result showed that the manual irrigation operations take 43 hours at the crop planning stage, 41 hours at the water delivery management, and 45 hours at the result recapitulation stage. The requirement of about 5 days at the implementation stage indicates that the operating interval of existing irrigation every 10 days is quite feasible. SMOPI is able to accelerate so that the operation time at the crop planning, water delivery management, and result recapitulation stage are 24.5 hours, 14 hours, and 31.5 hours. This indicates that SMOPI can be used to help shorten the interval of irrigation operations to support irrigation modernization.

Keywords: *operation and maintenance, irrigation modernization, Critical Path Method, irrigation operation interval, SMOPI*

ABSTRAK

Pengelolaan irigasi yang lebih efisien saat ini sangat diperlukan dalam menghadapi ketersediaan air yang semakin terbatas dan kebutuhan air untuk selain sektor pertanian yang semakin meningkat. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan ketepatan pemberian air irigasi melalui optimalisasi interval operasi irigasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan meminimalisasi waktu pelaporan operasi irigasi menggunakan perangkat lunak berbasis web Sistem Manajemen Operasi Irigasi (SMOPI). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi waktu minimal yang diperlukan untuk pelaporan operasi irigasi, baik secara manual ataupun menggunakan SMOPI. Penelitian ini dilakukan dalam bentuk studi kasus di Daerah Irigasi Bondoyudo melalui pengumpulan data dengan cara diskusi dan penyebaran kuesioner serta analisis waktu operasi menggunakan *Critical Path Method*. Berdasarkan hasil analisis, pelaporan operasi irigasi secara manual membutuhkan waktu 43 jam pada tahap perencanaan tanam, 41 jam pada tahap pengaturan pemberian air, dan 45 jam pada tahap rekapitulasi hasil. Kebutuhan sekitar 5 hari pada tahap pengaturan pemberian air mengindikasikan bahwa interval operasi irigasi eksisting setiap 10 hari cukup aman. Perangkat lunak SMOPI mampu mengakselerasi waktu operasi pada tahap perencanaan tanam, pengaturan pemberian air, dan rekapitulasi hasil masing-masing menjadi 24,5 jam, 14 jam, dan 31,5 jam. Akselerasi ini mengindikasikan bahwa SMOPI dapat digunakan untuk membantu mempersingkat interval operasi irigasi dalam upaya modernisasi irigasi.

Kata kunci: *operasi dan pemeliharaan, modernisasi irigasi, Critical Path Method, interval operasi irigasi, SMOPI*

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan irigasi yang lebih efisien saat ini sangat diperlukan dalam menghadapi ketersediaan air yang semakin terbatas dan kebutuhan air untuk selain sektor pertanian yang semakin meningkat. Berdasarkan suatu studi (Hatmoko, Radhika, Firmansyah, & Fathoni, 2017), ketahanan air irigasi di beberapa wilayah sungai sudah memasuki kategori buruk, seperti halnya di Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian yang merupakan salah satu lokasi lumbung pangan nasional. Peningkatan efisiensi irigasi perlu dilakukan baik melalui peningkatan kondisi jaringan ataupun peningkatan pola operasi irigasi. Operasi irigasi oleh segenap pengelola irigasi harus dilakukan secara efektif dan efisien serta pengelolaan air irigasi yang adil dan merata serta sesuai dengan kebutuhan dalam jumlah dan waktu yang tepat.

Pelaksanaan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi saat ini menunjukkan kinerja yang belum optimal. Hal ini antara lain, diindikasikan oleh perhitungan operasi pintu terlalu lama sehingga tidak responsif terhadap perubahan yang terjadi dan disiplin operator pintu belum optimal (Direktorat Irigasi dan Rawa, 2011). Sebagai upaya peningkatan pelayanan dalam langkah modernisasi irigasi, interval irigasi direkomendasikan untuk diperpendek menjadi 10-7 hari pada modernisasi tingkat awal, 7-5 hari pada modernisasi tingkat menengah, dan 5-1 hari pada modernisasi tingkat lanjut (Direktur Jenderal Sumber Daya Air, 2019).

Langkah ini memerlukan beberapa penyesuaian operasi irigasi, khususnya dalam aspek pelaporan. Penggunaan perangkat lunak berbasis web, Sistem Manajemen Operasi Irigasi (SMOI), pada pelaporan

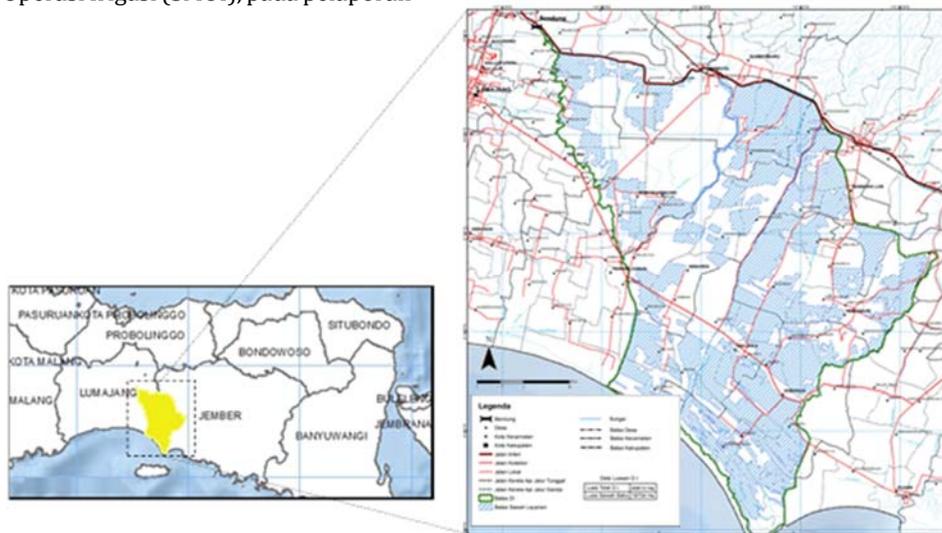
irigasi dapat membantu mempersingkat interval irigasi dan meningkatkan akurasi pemberian air (Rahmandani *et al.*, 2017). Perangkat lunak ini dirancang untuk memproses 12 Blanko pelaporan irigasi sesuai dengan Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 dan telah diujicobakan di lapangan dengan akurasi dan tingkat penerimaan yang cukup baik (Joubert & Prihantoko, 2015; Rahmandani *et al.*, 2017). Pengembangannya menjadi Sistem Manajemen Operasi dan Pemeliharaan Irigasi (SMOPI) telah dilakukan dengan mengintegrasikan proses pelaporan pemeliharaan dan beberapa fitur lainnya (Hidayah *et al.*, 2017).

Namun demikian, belum ada studi yang membahas detail mengenai interval minimal dan peningkatannya melalui pelaporan menggunakan perangkat lunak. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi waktu minimal yang diperlukan untuk pelaksanaan operasi irigasi, baik secara manual ataupun menggunakan perangkat lunak SMOPI. Penelitian ini dilakukan dalam bentuk studi kasus di Daerah Irigasi (DI) Bondoyudo dengan cara pengumpulan data melalui diskusi dan kuesioner serta analisis waktu pelaporan menggunakan *Critical Path Method*. Hasil penelitian ini diharapkan data menjadi masukan bagi pengelola jaringan irigasi dalam menentukan interval operasi irigasi, khususnya dalam upaya modernisasi irigasi.

II. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DI Bondoyudo (Gambar 1). DI Bondoyudo yang merupakan DI lintas kabupaten terletak di Provinsi Jawa Timur.



Sumber : Satker Balai Litbang Irigasi (2015)

Gambar 1 Peta DI Bondoyudo

Secara administrasi, DI Bondoyudo mengairi lahan di dua kabupaten, yaitu Kabupaten Lumajang (772 ha) meliputi Kecamatan Jatiroto dan Kecamatan Rowokangkung; dan Kabupaten Jember (11.030 ha) meliputi Kecamatan Sumberbaru, Semboro, Jombang, Umbulsari, Kencong, dan Gumuk Mas.

DI Bondoyudo dikelola oleh 5 Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD), diantaranya adalah UPTD Jatiroto, Semboro, Gumuk Mas, Kencong dan Sumber Baru. Operasi dan Pemeliharaan (OP) dilaksanakan oleh tim koordinasi dan konsolidasi antar pihak, dimana UPT PSDA WS Bondoyudo-Mayang sebagai koordinatornya dan para Juru/PPA/Pekarya sebagai pelaksana di lapangan yang secara rutin melaksanakan kegiatan bersama. Keseluruhannya, terdapat 19 Juru, 29 PPA, dan 40 pekarya yang melaksanakan kegiatan OP di DI ini.

DI Bondoyudo menerapkan pola tanam yang cukup intensif (Padi-Padi/Palawija-Padi/Palawija) didukung oleh kondisi infrastruktur, OP, dan ketersediaan air yang cukup baik (Murtiningrum, Wardana, & Rahajeng, 2008). Nilai indeks kinerja sistem irigasinya sebesar 71,27% dan telah melaksanakan prosedur pelaporan OP dengan cukup baik walaupun masih perlu peningkatan dalam hal penyusunan Rencana Tata Tanam Global dan keterbukaan informasi OP (Laswono, 2016).

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui diskusi dan pembagian kuesioner kepada pengelola/lembaga irigasi dalam kegiatan operasi irigasi di DI Bondoyudo meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1) Sistem pelaporan operasi irigasi eksisting, mulai dari juru/mantri, pengamat/ranting, Kasie Operasi Kabupaten, UPT provinsi sampai ke UPT BWS.
- 2) Peran dan partisipasi pengelola/lembaga irigasi dalam kegiatan operasi irigasi.
- 3) Durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tahapan pelaporan operasi irigasi eksisting pada masing-masing pengelola irigasi (Juru/Mantri s.d. UPT BWS).
- 4) Durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tahapan pelaporan operasi SMOPI pada masing-masing pengelola irigasi (Juru/Mantri hingga UPT BWS).

2.3. Analisis Kebutuhan Waktu Operasi Irigasi

Analisis yang digunakan dalam memperkirakan durasi waktu total pelaporan operasi irigasi dalam penelitian ini adalah metode jalur kritis atau *Critical Path Method* (CPM). CPM merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. CPM menggambarkan suatu rangkaian pelaksanaan item pekerjaan dalam

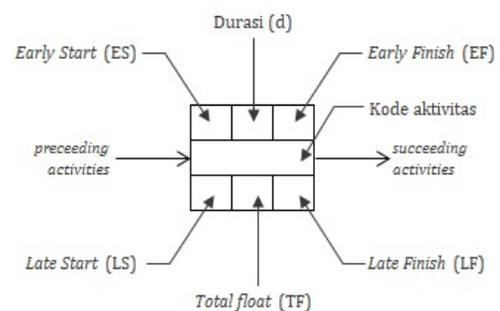
suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan. CPM dibangun atas suatu *network* yang dihitung dengan cara tertentu dan dapat pula dengan *software* sehingga menghasilkan suatu rangkaian pekerjaan yang kritis (Wahyuni & Manik, 2015). CPM banyak digunakan dalam berbagai aktifitas proyek konstruksi untuk menentukan waktu minimal dan menentukan skenario pelaksanaan pekerjaan (Sharma & Yadav, 2017; Wahyuni & Manik, 2015; Zhou, Love, Wang, Teo, & Irani, 2013). Analisis CPM pada penelitian ini dilakukan mengacu pada metode dalam Project Management Institute (2013) dengan bagan alir pada Gambar 2 dan tahapan sebagai berikut:

1) Inventarisasi kegiatan

Inventarisasi dilakukan terhadap seluruh kegiatan pelaporan operasi irigasi dan menyiapkan struktur pecahan kerja yang digunakan untuk membangun diagram jaringan. Pembangunan diagram jaringan ini dilakukan, antara lain dengan cara:

- a) Pemberian nama dan kode kegiatan pada setiap kegiatan pelaporan.
- b) Pemberian nomor pada kegiatan
- c) Penentuan durasi atau waktu penyelesaian pelaporan.
- d) Penentuan urutan logis seluruh kegiatan pelaporan.
- e) Penentuan kegiatan mana yang harus terlebih dahulu (*preceeding activities*) dan kegiatan mana yang merupakan lanjutan (*succeeding activities*)

Setiap aktifitas disajikan dalam kotak dengan penulisan variabel mengacu skema pada Gambar . Arah panah menunjukkan alur kegiatan dari *preceeding activities* menuju *succeeding activities*.



Gambar 2 Skema Penggambaran CPM

2) Perhitungan maju

Perhitungan maju dilakukan pada setiap kegiatan pelaporan dengan menetapkan *ES* (*Early Start*) dan *EF* (*Early Finish*) pada setiap kegiatan. Perhitungan maju dilakukan mulai awal jaringan bergerak menuju akhir

jaringan, dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

a) Waktu paling awal (ES), dimana aktivitas dapat dimulai. Aktivitas inisial proyek diasumsikan terjadi pada waktu $t = 0$ ($ES_i = 0$);

b) Awal selesai (EF) adalah paling awal waktu dimana suatu kegiatan dapat menyelesaikan jika tidak ada keterlambatan terjadi pada pelaporan. *Early finish time (EF)* dari suatu aktivitas adalah jumlah dari *early start time (ES)* dengan durasi aktivitas;

$$EF_i = ES_i + d_i \dots \dots \dots (1)$$

c) Penetapan *early start* untuk aktivitas selanjutnya dari EF terbesar untuk kegiatan yang mendahului aktivitas tersebut. Apabila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari *preceeding activities*.

3) Perhitungan mundur

Perhitungan mundur dilakukan mulai dari akhir jaringan. Perhitungan mundur digunakan untuk menghitung waktu mulai paling lambat dan waktu selesai paling lambat, sehingga berlaku hal-hal sebagai berikut:

a) Menghitung LF , waktu selesai paling akhir kegiatan (i) yang sedang ditinjau, yang merupakan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS dan LF . LF_i didefinisikan sebagai nilai LS minimum dari aktivitas suksesor;

b) Perhitungan waktu pelaksanaan terakhir (LS_i) untuk semua aktivitas dihitung sebagai berikut:

$$LS_{i-j} = LF_{i-j} - d \dots \dots \dots (2)$$

c) Apabila suatu kegiatan terpecah menjadi 2 (dua) kegiatan atau lebih, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil;

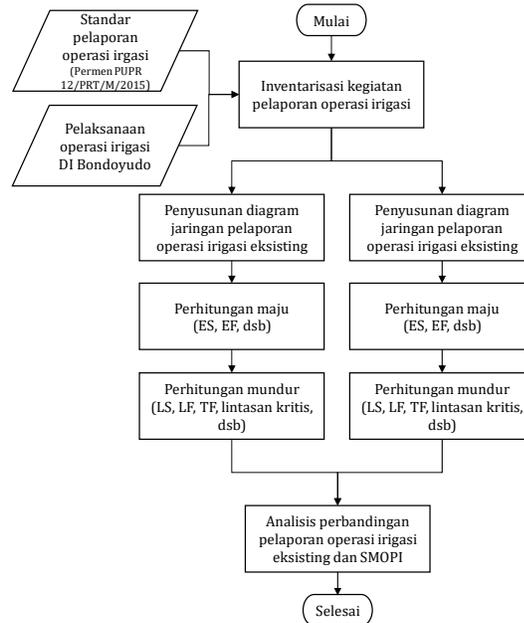
4) Perhitungan nilai *Total Float*

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui kegiatan yang longgar dan kegiatan yang waktunya kritis dalam suatu jaringan kerja. *Float* adalah sejumlah waktu penundaan yang diperbolehkan untuk terlambat tanpa mempengaruhi waktu total pelaksanaan pelaporan. *Total Float (TF)* yaitu tenggang total atau keterlambatan yang diperkenankan untuk suatu aktivitas tanpa akan

mengakibatkan keterlambatan bagi penyelesaian pelaporan lain.

$$TF_i = LF_i - EF_i \dots \dots \dots (3)$$

Identifikasi kegiatan pelaporan yang memiliki TF nilai = 0 (lintasan kritis) dan penyusunan diagram jaringan.



Gambar 3 Diagram Alir Analisis Kebutuhan Waktu Operasi Irigasi Menggunakan *Critical Path Method (CPM)*

Kebutuhan waktu minimum operasi irigasi yang diperoleh dari analisis ini kemudian digunakan untuk mengestimasi kebutuhan waktu operasi menggunakan perangkat lunak SMOPI. Dalam perangkat lunak, kebutuhan operasi dipersingkat dengan tidak adanya proses perhitungan dan perekapan data serta pengiriman Blanko.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pola Operasi Irigasi di DI Bondoyudho

Sistem pelaporan operasi irigasi di DI Bodoyudo sebelum perangkat lunak SMOPI diperkenalkan masih dilakukan secara manual. Pengisian blanko operasi dilakukan pada blanko cetak terutama oleh petugas operasi irigasi pada tingkat mantri/juru dan ranting/pengamat. Proses distribusi dan pengarsipan blanko pada umumnya masih mengandalkan peran manusia yang dilakukan secara berjenjang dari pengelola satu kepada pengelola lainnya. Metode pelaksanaan operasi jaringan irigasi yang dilaksanakan sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2015 tentang

pedoman eksploitasi dan pemeliharaan jaringan. Pelaporan operasi irigasi dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu perencanaan tanam, pengaturan pemberian air, dan rekapitulasi hasil (Gambar 4). Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2015, tahap perencanaan tanam sesuai dengan tahapan perencanaan operasi irigasi dan tahap pengaturan air serta rekapitulasi hasil sesuai dengan tahapan pelaksanaan operasi irigasi. Deskripsi setiap tahapan adalah sebagai berikut:

1) Tahap Perencanaan Tanam

Kegiatan pelaporan operasi irigasi yang dilakukan pada tahap perencanaan adalah pelaporan usulan & keputusan luas tanam per daerah irigasi (Blangko 01-0), rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blangko 02-0) dan pelaporan keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blangko 03-0). Kegiatan pelaporan operasi irigasi pada tahap ini melibatkan 4 (empat) aktor/pengelola irigasi, yakni IP3A/GP3A, mantri/juru, pengamat/ranting dan Kasie operasi kabupaten. Laporan operasi irigasi tahap perencanaan diisi sebelum masa tanam dimulai. Pada tahap ini pelaporan dimulai dari usulan luas tanam oleh IP3A/GP3A, kemudian mantri/juru mengisi Blangko 01-0 dan melaporkan ke pengamat. Pengamat kemudian merekap usulan luas tanam per wilayah mantri/juru (Blangko 02-0) dan melaporkan ke Kasie Operasi Kabupaten dan Provinsi. Laporan tersebut kemudian dibahas dalam rapat komisi irigasi provinsi. Hasil rapat komisi irigasi tersebut berupa keputusan komisi irigasi tentang pola tanam dan rencana tata tanam DI Bondoyudo. Keputusan komisi irigasi ini digunakan sebagai dasar pengisian Blangko 03-0, Blangko 01-0, dan Blangko 02-0.

2) Tahap Pengaturan Pemberian Air

Kegiatan pelaporan pada tahap ini diisi saat masa tanam dengan interval 10 harian. Kegiatan pelaporan yang dilakukan pada tahap ini adalah laporan keadaan air dan tanaman pada wilayah mantri/juru (Blangko 04-0), laporan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blangko 05-0), pencatatan debit saluran (Blangko 06-0), rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air (Blangko 07-0), pencatatan debit bangunan pengambilan/debit sungai (Blangko 08-0), perhitungan faktor K (Blangko 09-0).

Kegiatan pelaporan keadaan air & tanaman dibuat oleh mantri/juru, kemudian dilaporkan

kepada pengamat/ranting, Kasie operasi kabupaten, Kasie operasi provinsi, dan Kasie Operasi UPT Balai. Pelaporan keadaan air & tanaman diisi berdasarkan data dari IP3A/GP3A, sedangkan keputusan target diisi berdasarkan kutipan lampiran keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blangko 03-0).

Kegiatan pelaporan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blangko 05-0) dibuat oleh pengamat/ranting, selanjutnya dilaporkan kepada Kasie operasi kabupaten, Kasie operasi provinsi, dan UPT Balai. Usulan luas tanam pada pelaporan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan diisi berdasarkan data buku catatan dari IP3A/GP3A, sedangkan kebutuhan air di sawah diisi berdasarkan usulan luas tanam dikalikan satuan kebutuhan air, kemudian dikalikan faktor tersier.

Kegiatan pelaporan pencatatan debit saluran (Blangko 06-0) dibuat oleh mantri/juru, selanjutnya dilaporkan kepada pengamat/ranting, Kasie operasi kabupaten, Kasie operasi provinsi, dan UPT Balai. Pencatatan debit saluran diisi berdasarkan data hasil pengukuran debit nyata di masing-masing bangunan.

Kegiatan pelaporan rencana kebutuhan air di jaringan utama & penetapan pemberian air (Blangko 07-0) dibuat oleh pengamat/ranting, selanjutnya dilaporkan kepada Kasie operasi kabupaten, Kasie operasi provinsi, dan UPT Balai. Kegiatan ini diisi berdasarkan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blangko 05-0) dan perhitungan faktor K (Blangko 09-0).

Kegiatan pelaporan pencatatan debit bangunan pengambilan/pencatatan debit sungai (Blangko 08-0) dibuat oleh Petugas Operasi Bendung, selanjutnya dilaporkan kepada pengamat/ranting, Kasie operasi kabupaten dan provinsi, dan Kasie operasi UPT Balai. Pencatatan debit bangunan pengambilan/pencatatan debit sungai diisi berdasarkan data debit (Q) sungai yang melimpah bendung dan debit yang diambil masuk ke pintu pengambilan/intake.

Perhitungan faktor K (Blangko 09-0) dilakukan setelah semua mantri/juru menyusun dan mengumpulkan rencana kebutuhan air di jaringan utama pada Blangko 07-0. Di DI Bondoyudo, pelaksanaan perhitungan ini dilakukan oleh POB untuk kemudian disetujui dan didistribusikan ke

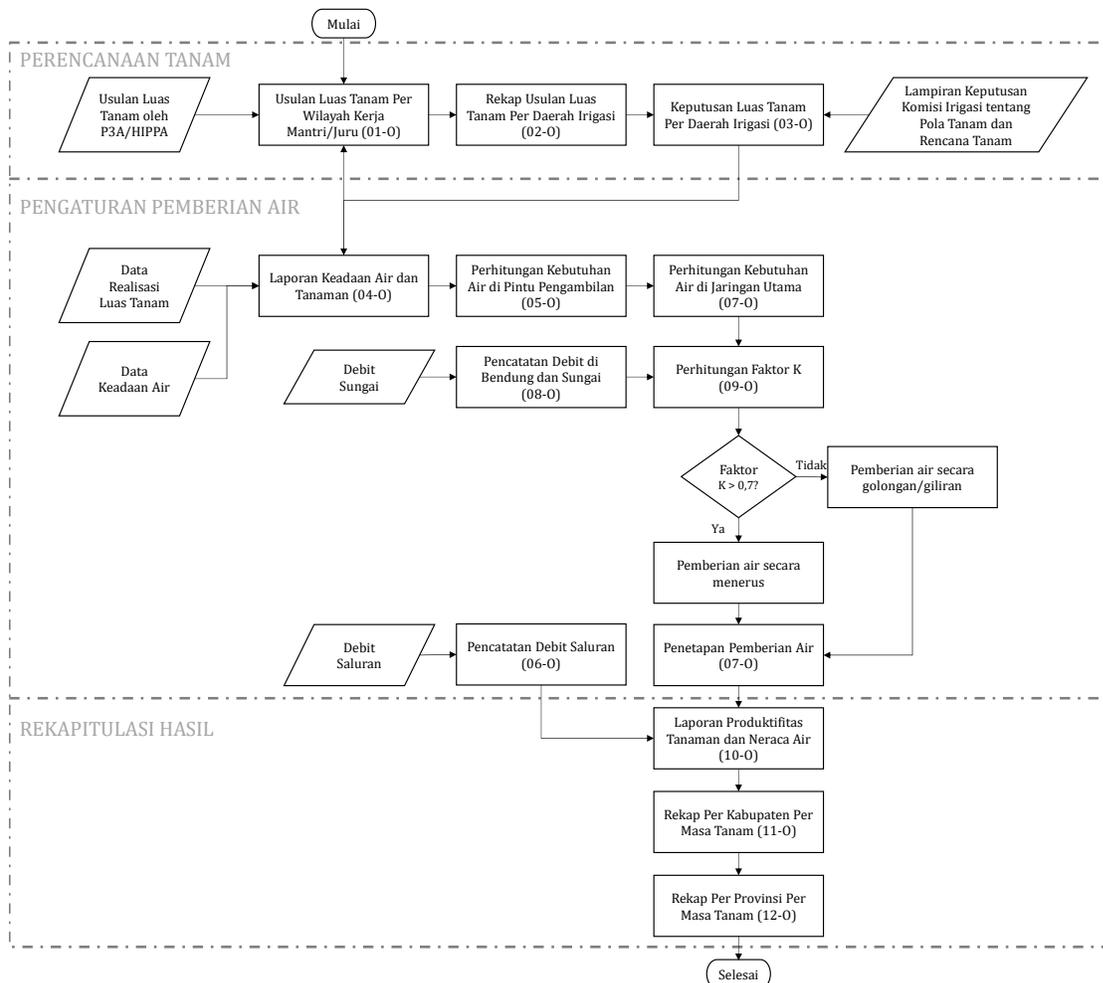
setiap mantri/juru. Namun demikian oleh karena adanya beberapa kendala, pelaksanaan perhitungan faktor K belum dapat dilakukan sesuai prosedur pada saat pelaksanaan penelitian ini.

3) Tahap Rekapitulasi Hasil

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah laporan produktivitas dan neraca pembagian air (Blangko 10-0), rekap kabupaten per masa tanam (Blangko 11-0), dan realisasi luas tanam per bagian pelaksanaan kegiatan irigasi wilayah selama setahun (Blangko 12-0). Kegiatan pelaporan produktivitas dan neraca pembagian air dibuat oleh pengamat/ranting, selanjutnya dilaporkan kepada Kasie operasi kabupaten, Kasie operasi provinsi, dan Kasie operasi UPT Balai. Pelaporan ini diisi berdasarkan lampiran keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blangko 03-0), pencatatan debit saluran (Blangko 06-0), rencana kebutuhan air di jaringan utama

dan penetapan pemberian air (Blangko 07-0), pencatatan debit bangunan pengambilan/pencatatan debit sungai (Blangko 08-0) dan dan perhitungan faktor K (Blangko 09-0). Kegiatan pelaporan rekap kabupaten per masa tanam dibuat oleh Kasie operasi kabupaten dan dilaporkan kepada Kasie operasi provinsi dan Kasie operasi UPT Balai. Sedangkan, pelaporan realisasi luas tanam per bagian pelaksana kegiatan irigasi wilayah selama setahun dibuat oleh Balai Wilayah Sungai, kemudian dilaporkan kepada Kasie operasi kabupaten.

Di DI Bondoyudo, semua kegiatan tersebut dilakukan secara manual, mulai dari pengisian blangko sampai distribusi blangko yang dilakukan secara langsung atau dengan bantuan kurir dari pengelola satu ke pengelola lainnya. Hal ini dirasakan kurang efektif dari segi waktu karena sistem pelaporan ini membutuhkan waktu baik untuk pengisian maupun untuk distribusi blangko.



Gambar 4 Alur Pelaporan Operasi Irigasi

3.2. Kebutuhan Waktu Operasi Irigasi Tahap Perencanaan Tanam

Hasil observasi lapangan diketahui bahwa durasi pelaporan pada tahap ini sangat dipengaruhi produktivitas masing-masing pengelola, akses lokasi, jumlah bangunan dan luas wilayah kerja. Data yang didapatkan dari diskusi dan kuesioner tersaji pada Tabel 1 dengan rata-ratanya pada Gambar 5. Pada Tabel 1, penyusunan usulan dan keputusan luas tanam per-DI (Blanko 01-0) secara manual memerlukan waktu antara 13-21 jam dengan durasi terlama pada UPTD Semboro. Kegiatan yang memerlukan waktu paling lama dalam penyusunan blanko ini adalah pengumpulan data usulan tanam dari IP3A/GP3A. Penyusunan rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 02-0) adalah 5-11 jam dengan durasi terlama pada UPTD Jatiroto. Tahapan lanjutan dari ke-2 Blanko ini adalah rapat komisi irigasi dan penyusunan kutipan lampiran keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blanko 03-0) dengan kebutuhan waktu 11-12 jam.

SMOPI dapat mempersingkat waktu pelaporan pada tahap perencanaan tanam dengan menghilangkan waktu perekapan data. Blanko yang merupakan data input ke sistem pada tahap ini adalah data isian Blanko 01-0 dan 2-0. *Output* yang dihasilkan adalah blanko 03-0. Pada sistem pelaporan SMOPI ini, proses pengumpulan data

usulan luas tanam per wilayah mantri/juru (blanko 01-0), masih dilakukan secara manual berdasarkan usulan dari masing-masing IP3A/GP3A. Hasil pengumpulan data kemudian di *input* ke sistem SMOPI oleh masing-masing juru/mantri. Hasil *inputing* data usulan luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 01-0), langsung terhubung dengan Blanko 02-0 dan Blanko 03-0. Pengambilan data terkait dari dari blanko 01-0 dilakukan secara otomatis oleh sistem. Begitu pula dengan *inputing* data keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blanko 03-0), dapat terhubung secara otomatis oleh sistem perangkat lunak dengan blanko 01-0 dan Blanko 02-0.

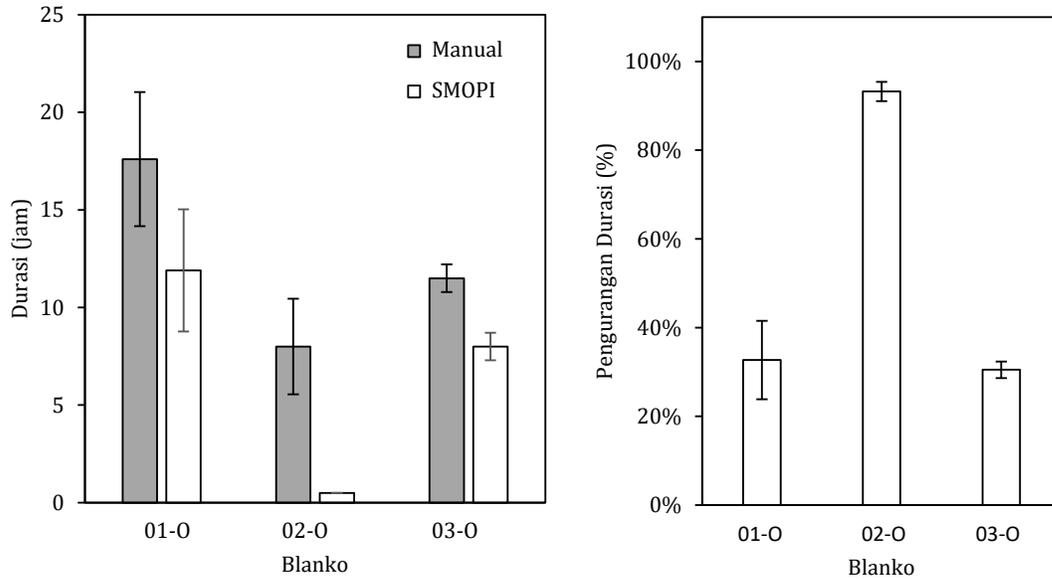
Dengan demikian, pelaporan menggunakan SMOPI memerlukan waktu yang lebih pendek. Penyusunan Blanko 01-0 memerlukan waktu 8,5-16,5 jam atau lebih pendek sekitar 33%. Penyusunan Blanko 02-0 memerlukan waktu rata-rata 0,5 jam atau lebih pendek 93%. Penyusunan Blanko 03-0 memerlukan waktu 7,5-8,5 jam atau lebih pendek 30%. Perbedaan waktu yang cukup signifikan dalam pelaporan Blanko 02-0 disebabkan karena sebagian besar kegiatan pada penyusunan blanko tersebut adalah perekapan dan verifikasi data yang secara langsung telah dilakukan oleh perangkat lunak.

Tabel 1 Kebutuhan Waktu Pelaporan pada Tahap Perencanaan Tanam

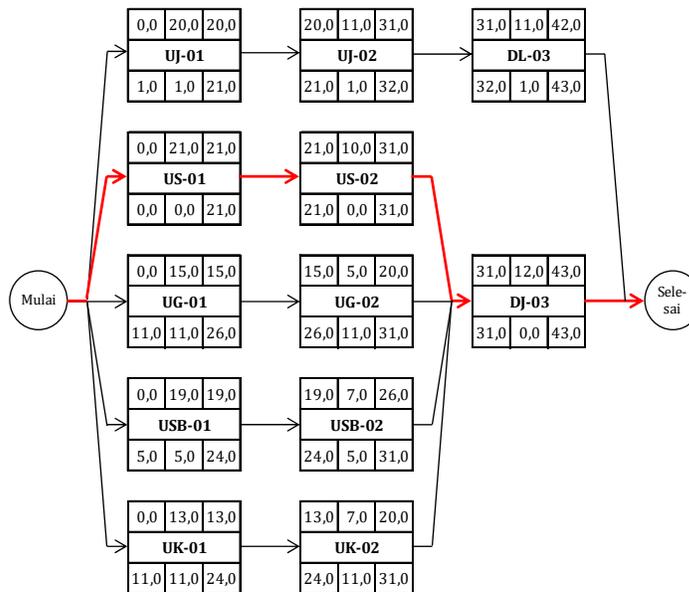
Pelaksana	Kode	Kegiatan	Durasi (jam)	
			Manual	SMOPI
UPTD Jatiroto	UJ-01	Penyusunan usulan dan keputusan luas tanam per-DI (Blanko 01-0)	20,0	16,5
	UJ-02	Penyusunan rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 02-0)	11,0	0,5
UPTD Semboro	US-01	Penyusunan usulan dan keputusan luas tanam per-DI (Blanko 01-0)	21,0	12,5
	US-02	Penyusunan rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 02-0)	10,0	0,5
UPTD Gumukmas	UG-01	Penyusunan usulan dan keputusan luas tanam per-DI (Blanko 01-0)	15,0	9,5
	UG-02	Penyusunan rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 02-0)	5,0	0,5
UPTD Sumber Baru	USB-01	Penyusunan usulan dan keputusan luas tanam per-DI (Blanko 01-0)	19,0	12,5
	USB-02	Penyusunan rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 02-0)	7,0	0,5
UPTD Kencong	UK-01	Penyusunan usulan dan keputusan luas tanam per-DI (Blanko 01-0)	13,0	8,5
	UK-02	Penyusunan rencana luas tanam per wilayah mantri/juru (Blanko 02-0)	7,0	0,5
Dinas PSDA Kab. Lumajang	DL-03	Penyusunan kutipan lampiran keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blanko 03-0)	11,0	7,5
Dinas PSDA Kab. Jember	DJ-03	Penyusunan kutipan lampiran keputusan komisi irigasi mengenai rencana tata tanam (Blanko 03-0)	12,0	8,5

Data pada Tabel 1 dapat digunakan dalam analisis CPM dengan memperhatikan keterkaitan antar kegiatan seperti pada Gambar 6 untuk pelaporan secara manual, dan Gambar 7 untuk pelaporan menggunakan SMOPI. Seperti terlihat pada Gambar , durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaporan operasi irigasi pada tahap perencanaan di DI Bodoyuhdo adalah 43 jam, atau sekitar 6 hari. Lintasan jalur kritis terjadi pada kegiatan pelaporan Blangko 03-O Dinas

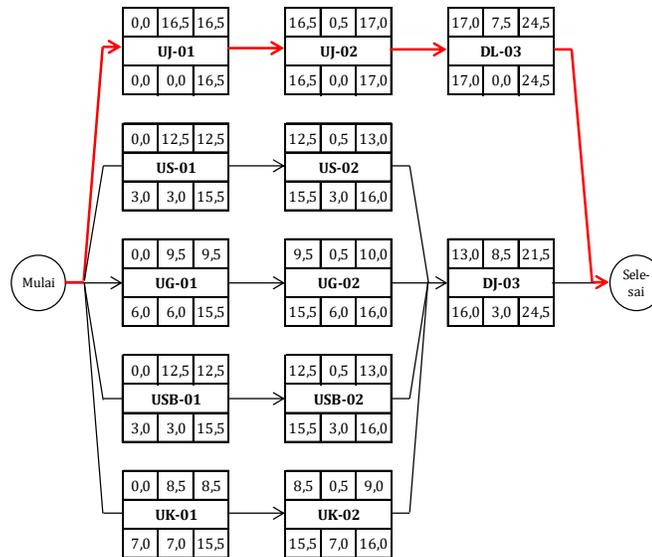
PSDA Kabupaten Jember, pelaporan Blangko 02-O dan pelaporan Blangko 01-O terjadi pada UPTD Semboro. Seperti terlihat pada Gambar 7, durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaporan operasi irigasi pada tahap perencanaan dengan SMOPI di DI Bodoyudo adalah 24,5 jam, atau sekitar 4 hari. Lintasan jalur kritis terjadi pada kegiatan pelaporan Blangko 03-O Dinas PSDA Kabupaten Lumajang (K), pelaporan Blangko 02-O dan pelaporan Blangko 01-O UPTD Jatiroto.



Gambar 5 Perbandingan Durasi Penyusunan Blangko pada Tahap Perencanaan Tanam



Gambar 6 Diagram Jaringan Analisa CPM Pelaporan Operasi Irigasi Eksisting pada Tahap Perencanaan Tanam



Gambar 7 Diagram Jaringan Analisa CPM Pelaporan SMOPI pada Tahap Perencanaan Tanam

Berdasarkan hasil tersebut, pelaporan operasi irigasi pada tahap perencanaan tanam dengan SMOPI (24,5 jam) lebih cepat dibanding sistem manual (43 jam), atau dengan kata lain pelaporan SMOPI dapat menghemat waktu 17,5 jam dari sistem manual. Waktu yang sangat mempengaruhi durasi pelaporan pada tahap perencanaan dengan SMOPI berkaitan dengan produktivitas masing-masing pengelola, terutama pada tahap pengumpulan data Blangko 01-0. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, proses pengumpulan data usulan luas tanam per wilayah mantri/juru (Blangko 01-0) pada SMOPI masih dilakukan secara manual berdasarkan usulan dari masing-masing IP3A/GP3A. Penyampaian informasi dari masing-masing IP3A/GP3A masih menggunakan peran manusia serta membutuhkan waktu penyampaian yang lama. Hal ini sangat berpengaruh terhadap durasi pelaporan khususnya pada tahap perencanaan secara keseluruhan.

3.3. Kebutuhan Waktu Operasi Irigasi Tahap Pengaturan Pemberian Air

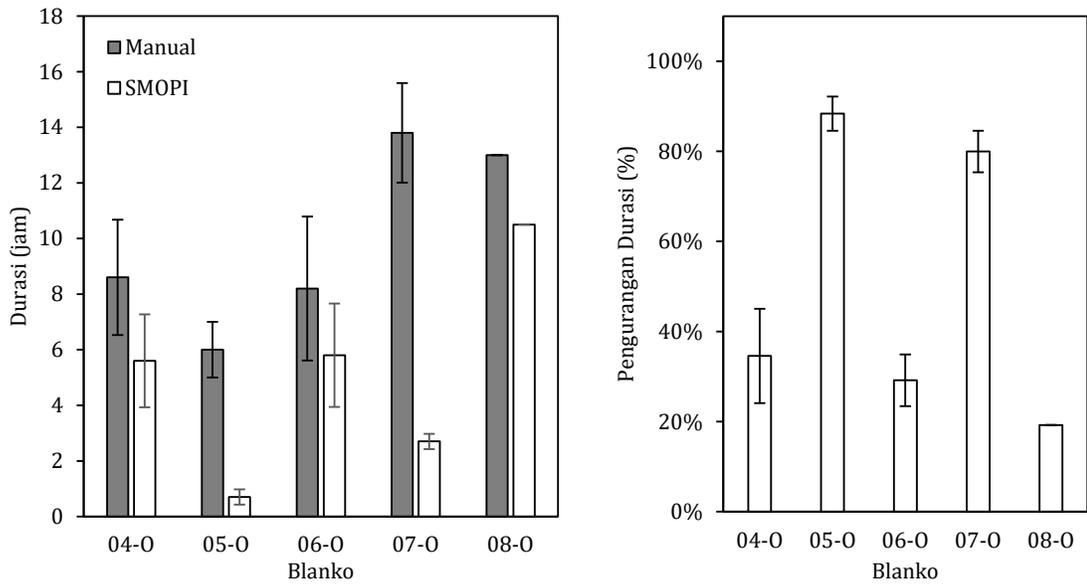
Pada tahap ini, kebutuhan waktu operasi irigasi adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 2 dan Gambar 8. Pada pelaksanaan secara manual, kegiatan pelaporan keadaan air dan tanaman adalah 6-11 jam dengan durasi terlama pada UPTD Sumber Baru. Kegiatan pelaporan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan memerlukan waktu 5-7 jam dengan durasi terlama terjadi pada UPTD Jatiroto dan Gumukmas. Kegiatan pelaporan pencatatan debit saluran memerlukan waktu 5-12 jam dengan durasi terlama terjadi pada UPTD Jatiroto. Kegiatan pelaporan rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air

memerlukan waktu 6-8 jam dengan durasi terlama terjadi pada UPTD Sumber Baru. Kegiatan pelaporan perhitungan faktor K secara manual dalam penelitian ini diasumsikan dilakukan selama 8 jam.

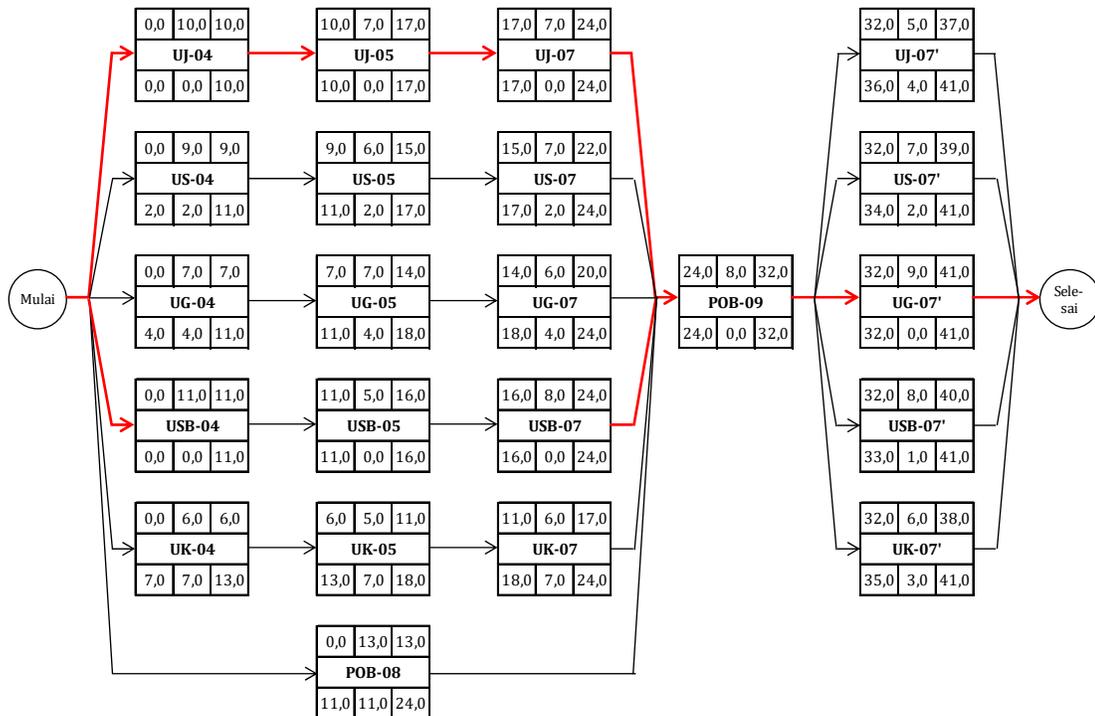
Pengaplikasian SMOPI pada pelaksanaan operasi irigasi sangat membantu proses perekapan dan penghitungan data. Blangko yang merupakan data input ke sistem pada tahap ini adalah data isian Blangko 04-0, 05-0, 06-0, 07-0, dan 08-0. Proses diolah oleh perangkat lunak pada Blangko 09-0 untuk kemudian digunakan untuk menentukan debit yang diberikan di Blangko 07-0. Proses pengambilan data terkait dari blangko lain yang terkait dapat secara langsung/otomatis oleh sistem. Perhitungan faktor K sebagai dasar penyusunan rencana pembagian air periode akan datang secara otomatis juga dilakukan oleh perangkat lunak. Penyederhanaan proses pelaporan yang dilakukan secara berulang-ulang oleh perangkat lunak ini dapat memotong atau memperpendek waktu pelaporan. Seperti terlihat pada Tabel 2, kegiatan pelaporan keadaan air dan tanaman pada mantri/juru memerlukan waktu 4,5-8,5 jam atau terjadi pengurangan durasi selama 35%. Kegiatan pelaporan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan memerlukan waktu 0,5-1 jam atau terjadi pengurangan durasi sebanyak 88%. Kegiatan pelaporan pencatatan debit saluran memerlukan waktu 3,5-8,5 jam atau terjadi pengurangan durasi selama 29%. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan laporan pencatatan debit sungai oleh Petugas Operasi Bendung (POB) Umbul adalah 10,5 jam atau terjadi pengurangan durasi selama 19%.

Tabel 2 Kebutuhan Waktu Pelaporan pada Tahap Pengaturan Pemberian Air

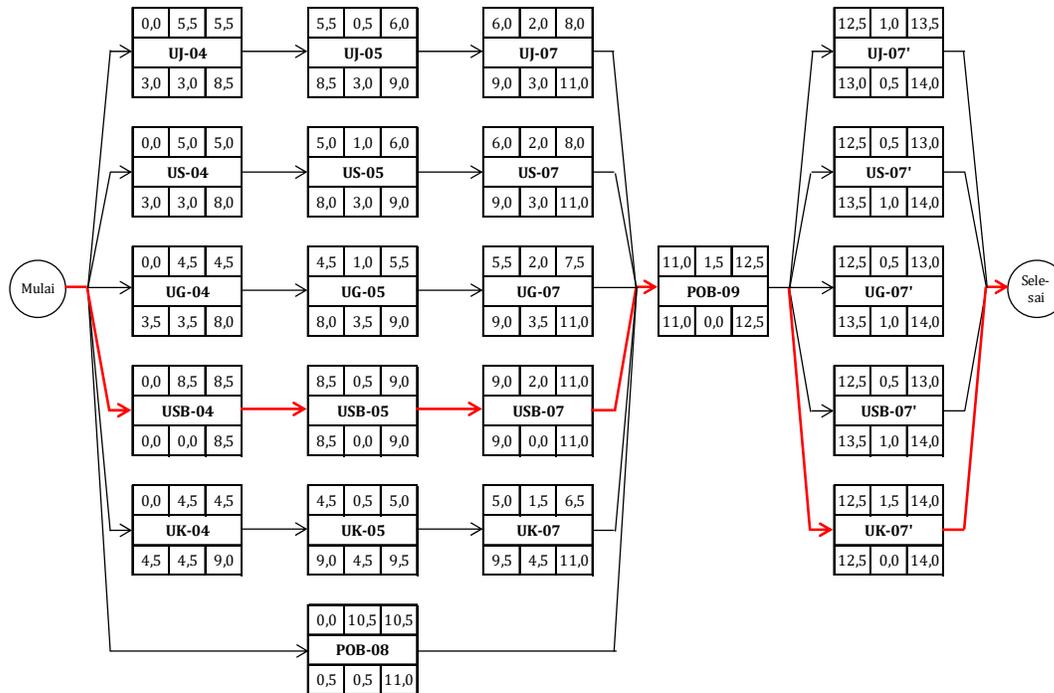
Pelaksana	Kode	Kegiatan	Durasi (jam)	
			Manual	SMOPI
UPTD Jatiroto	UJ-04	Penyusunan laporan keadaan air dan tanaman pada Mantri/Juru (Blanko 04-0)	10,0	5,5
	UJ-05	Penyusunan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blanko 05-0)	7,0	0,5
	UJ-06	Pencatatan debit saluran (Blanko 06-0)	12,0	8,5
	UJ-07	Penyusunan rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air (Blanko 07-0)	7,0	2,0
	UJ-07'	Penetapan debit yang diberikan di Blanko 07-0	5,0	1,0
UPTS Semboro	US-04	Penyusunan laporan keadaan air dan tanaman pada Mantri/Juru (Blanko 04-0)	9,0	5,0
	US-05	Penyusunan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blanko 05-0)	6,0	1,0
	US-06	Pencatatan debit saluran (Blanko 06-0)	9,0	6,5
	US-07	Penyusunan rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air (Blanko 07-0)	7,0	2,0
	US-07'	Penetapan debit yang diberikan di Blanko 07-0	7,0	0,5
UPTD Gumukmas	UG-04	Penyusunan laporan keadaan air dan tanaman pada Mantri/Juru (Blanko 04-0)	7,0	4,5
	UG-05	Penyusunan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blanko 05-0)	7,0	1,0
	UG-06	Pencatatan debit saluran (Blanko 06-0)	7,0	5,5
	UG-07	Penyusunan rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air (Blanko 07-0)	6,0	2,0
	UG-07'	Penetapan debit yang diberikan di Blanko 07-0	9,0	0,5
UPTD Sumber Baru	USB-04	Penyusunan laporan keadaan air dan tanaman pada Mantri/Juru (Blanko 04-0)	11,0	8,5
	USB-05	Penyusunan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blanko 05-0)	5,0	0,5
	USB-06	Pencatatan debit saluran (Blanko 06-0)	8,0	5,0
	USB-07	Penyusunan rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air (Blanko 07-0)	8,0	2,0
	USB-07'	Penetapan debit yang diberikan di Blanko 07-0	8,0	0,5
UPTD Kencong	UK-04	Penyusunan laporan keadaan air dan tanaman pada Mantri/Juru (Blanko 04-0)	6,0	4,5
	UK-05	Penyusunan rencana kebutuhan air di pintu pengambilan (Blanko 05-0)	5,0	0,5
	UK-06	Pencatatan debit saluran (Blanko 06-0)	5,0	3,5
	UK-07	Penyusunan rencana kebutuhan air di jaringan utama dan penetapan pemberian air (Blanko 07-0)	6,0	1,5
	UK-07'	Penetapan debit yang diberikan di Blanko 07-0	6,0	1,5
POB	POB-08	Pencatatan debit bangunan dan pengambilan/pencatatan debit sungai (Blanko 08-0)	13,0	10,5
	POB-09	Perhitungan Faktor K (Blanko 09-0)	8,0	1,5



Gambar 8 Perbandingan Durasi Penyusunan Blanko pada Tahap Pengaturan Pemberian Air



Gambar 9 Diagram Jaringan Analisis CPM Pelaporan Operasi Irigasi Eksisting pada Tahap Pengaturan Pemberian Air



Gambar 10 Diagram Jaringan Analisis CPM Pelaporan Operasi Irigasi Menggunakan SMOPI pada Tahap Pengaturan Pemberian Air

Seperti terlihat pada Gambar 9 dan Gambar 10, terdapat saling keterkaitan antar kegiatan pelaporan satu dengan kegiatan pelaporan lainnya. Waktu mulai pelaporan kegiatan perhitungan faktor K sangat ditentukan oleh waktu akhir kegiatan pelaporan rencana kebutuhan air di jaringan utama (UJ-07, US-07, UG-07, USB-07, UK-07) dan pencatatan debit di bangunan pengambilan/debit sungai (DL-08). Blanko 06-0 tidak terkait langsung dengan alur pengaturan pemberian air namun digunakan sebagai data dalam penyusunan Blanko 07-0 dari setiap pengamat dikumpulkan agar dapat diolah menjadi data debit diperlukan pada Blanko 09-0. Proses perekapan Blanko 07-0 serta perhitungan Blanko 09-0 ini diasumsikan memakan waktu 1 hari atau 8 jam kerja pada pelaporan secara manual. Pada pelaporan menggunakan SMOPI, perekapan dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak sehingga hanya memerlukan waktu 1,5 jam untuk verifikasi dan penetapan faktor K.

Berdasarkan hasil analisa metoda jalur kritis pada Gambar 9, durasi waktu yang dibutuhkan untuk dapat menetapkan besaran pemberian air di Daerah Irigasi Bondoyudo adalah 41 jam atau sekitar 5 hari (jam kerja per hari = 8 jam). Nilai ini mengindikasikan bahwa interval irigasi sebesar 10 hari cukup aman untuk dilaksanakan. Pengaplikasian SMOPI dapat mengurangi durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaporan operasi irigasi menjadi 14 jam atau

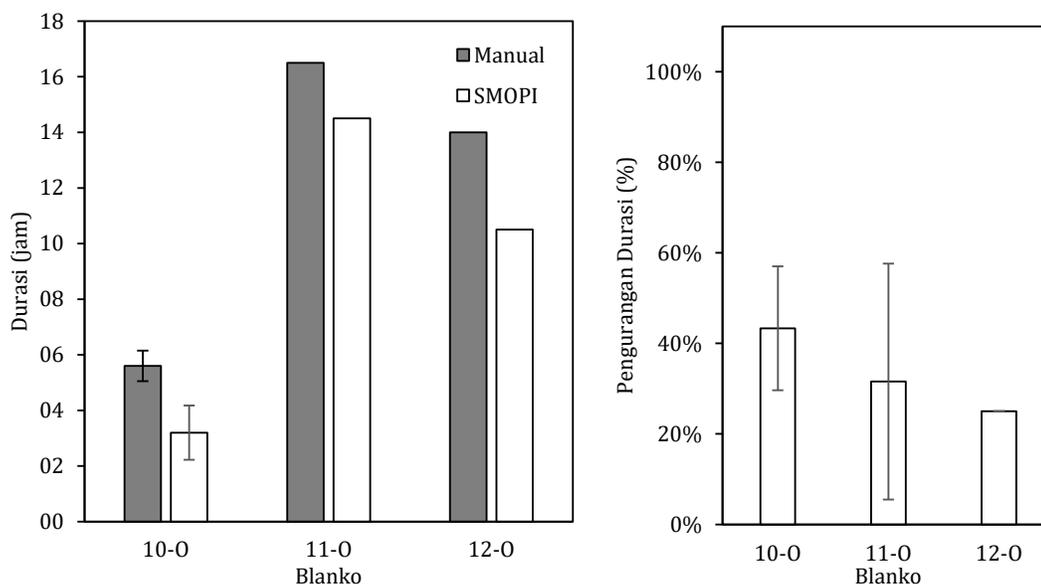
sekitar 2 hari. Hal ini mengindikasikan SMOPI dapat mendukung modernisasi irigasi tingkat lanjut sesuai kategori dalam ketentuan Direktur Jenderal Sumber Daya Air (2019). Interval irigasi dapat dikurangi lebih lanjut apabila didukung SDM dan sarana yang memadai khususnya dalam identifikasi keadaan air dan tanaman, pencatatan debit, dan pengaturan air.

3.4. Kebutuhan Waktu Operasi Irigasi Tahap Rekapitulasi Hasil

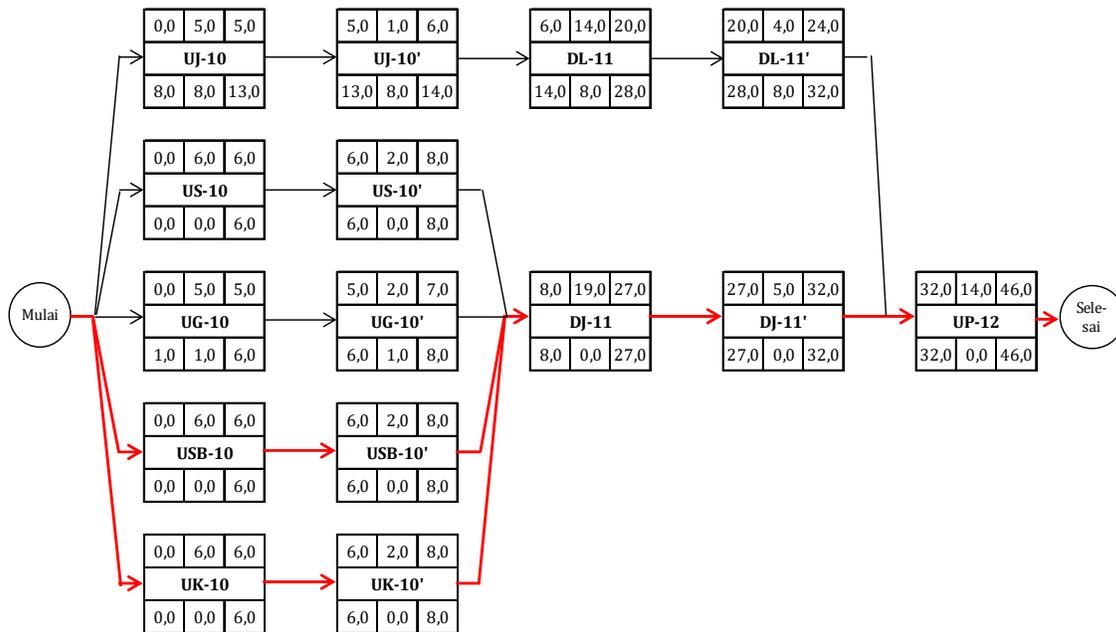
Pada tahap ini, kebutuhan waktu operasi irigasi adalah sebagaimana terdapat pada pada tahap pelaporan adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 3 dan Gambar 11. Pelaporan Blanko 10-0 secara manual memerlukan waktu rata-rata 16 jam dan 12-0 selama 14 jam. Dengan menggunakan SMOPI, waktu pelaporan dapat dipersingkat. Pada SMOPI, blanko yang merupakan data input ke sistem pada tahap ini adalah data isian dari Blanko 03-0, 07-0, 08-0, dan 09-0. *Output* yang dihasilkan Blanko 10-0, 11-0, 12-0. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan pelaporan rekap realisasi luas tanam dan produktivitas tanaman per kabupaten adalah 12,5 jam untuk kabupaten lumajang dan 16,5 jam untuk kabupaten Jember. Sedangkan, durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan pelaporan rekap realisasi luas tanam & produktivitas tanaman per provinsi adalah 10,5 jam.

Tabel 3 Kebutuhan Waktu Pelaporan pada Tahap Rekapitulasi Hasil

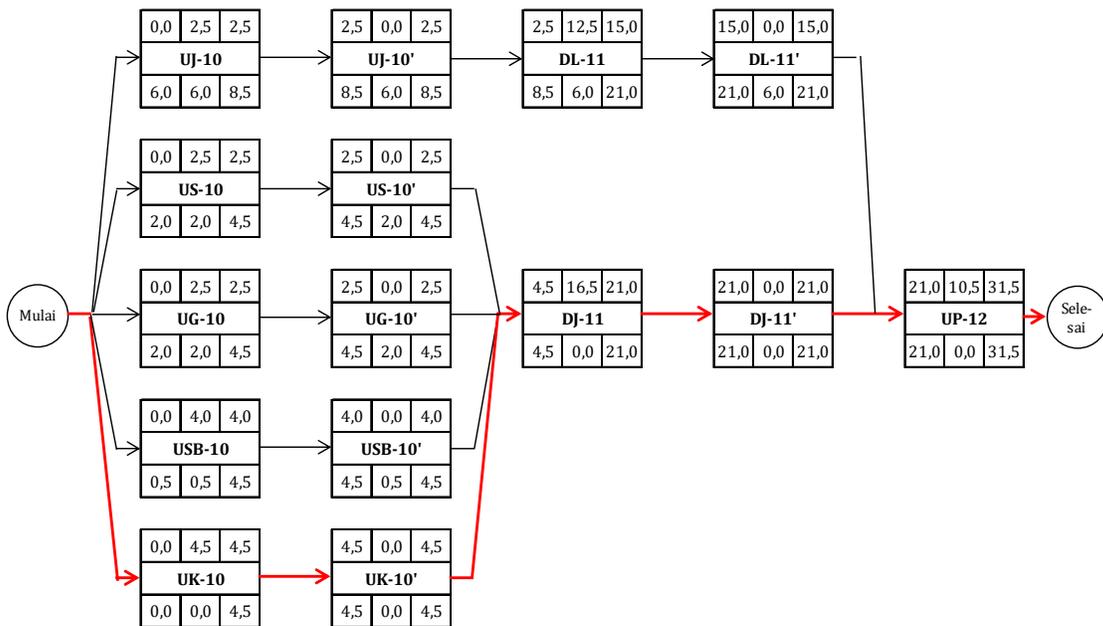
Pelaksana	Kode	Kegiatan	Durasi (jam)	
			Manual	SMOPI
UPTD Jatiroto	UJ-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	5,0	2,5
	UJ-10'	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air	1,0	0,0
UPTS Semboro	US-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	6,0	2,5
	US-10'	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air	2,0	0,0
UPTD Gumukmas	UG-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	5,0	2,5
	UG-10'	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air	2,0	0,0
UPTD Sumber Baru	USB-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	6,0	4,0
	USB-10'	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air	2,0	0,0
UPTD Kencong	UK-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	6,0	4,5
	UK-10'	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air	2,0	0,0
Dinas PSDA Kab. Lumajang	DL-11	Penyusunan rekap kabupaten per masa tanam (blanko 11-0)	14,0	12,5
	DL-11'	Pelaporan rekap kabupaten per masa tanam	4,0	0,0
Dinas PSDA Kab. Jember	DJ-11	Penyusunan rekap kabupaten per masa tanam (blanko 11-0)	19,0	16,5
	DJ-11'	Pelaporan rekap kabupaten per masa tanam	5,0	0,0
UPT Balai	UP-12	Pelaporan realisasi luas tanam per bagian pelaksana kegiatan irigasi wilayah selama setahun (blanko 12-0)	14,0	10,5
UPTD Jatiroto	UJ-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	5,0	2,5
	UJ-10'	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air	1,0	0,0
UPTS Semboro	US-10	Rekap produktivitas dan neraca pembagian air (blanko 10-0)	6,0	2,5



Gambar 11 Diagram Jaringan Analisa CPM Pelaporan Operasi Irigasi Eksisting pada Tahap Rekapitulasi Hasil



Gambar 12 Diagram Jaringan Analisa CPM Pelaporan Operasi Irigasi Eksisting pada Tahap Rekapitulasi Hasil



Gambar 13 Diagram Jaringan Analisa CPM Pelaporan Operasi Irigasi Menggunakan SMOPI pada Tahap Rekapitulasi Hasil

Hasil analisis CPM pada tahapan ini terdapat pada Gambar 12 dan 13. Total durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaporan operasi irigasi secara manual di DI Bondoyudo adalah 46 jam, atau sekitar 6 hari. Lintasan jalur kritis terjadi pada kegiatan pelaporan UPTD

Sumber Baru dan Kencong. Berdasarkan hasil tersebut, sistem pelaporan operasi secara manual di DI Bondoyudo pada tahap ini sangat terbatas keefektifannya yang dalam hal ini penyampaian informasi (blangko) masih harus melibatkan orang

ke orang dalam lingkup informasi yang ingin diperoleh.

Total durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaporan rekapitulasi hasil operasi irigasi di DI Bodoyudo dengan SMOPI adalah 31,5 jam, atau sekitar 4 hari. Lintasan jalur kritis terjadi pada kegiatan laporan realisasi musim tanam per bagian pelaksana kegiatan irigasi wilayah selama setahun, pelaporan rekap kabupaten Jember per masa tanam, dan rekap Kabupaten Jember per masa tanam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pelaporan operasi irigasi pada tahap pelaporan dengan SMOPI (31,5 jam) lebih cepat dibanding sistem manual (46 jam), atau dengan kata lain pelaporan SMOPI dapat menghemat waktu 11 jam dari sistem manual. Waktu yang sangat mempengaruhi durasi pelaporan pada tahap ini adalah pengumpulan data, baik untuk Blangko 11-0 maupun 12-0. Pengumpulan data untuk isian Blangko 11-0 dan Blangko 12-0 melibatkan data daerah irigasi lain, sehingga proses pengisian dan pelaporan harus menunggu pelaporan daerah irigasi lain. Hal ini sangat berpengaruh terhadap durasi pelaporan operasi khususnya pada tahap pelaporan. Pelaporan operasi irigasi pada tahap ini walaupun tidak berkaitan langsung dengan evaluasi penetapan dan pemberian air, namun laporan ini sangat berguna untuk dasar evaluasi menentukan keputusan luas tanam di tahun berikutnya.

IV. KESIMPULAN

Perangkat lunak SMOPI di DI Bondoyudo dapat mempercepat proses pelaporan operasi irigasi dibanding pelaporan secara manual, baik pada tahap perencanaan tanam (dari 43 jam menjadi 24,5 jam), pengaturan pemberian air (dari 46 jam menjadi 14 jam) maupun pada tahap rekapitulasi hasil (dari 46 jam menjadi 31,5 jam). Akselerasi waktu pelaporan menggunakan SMOPI dimungkinkan karena beberapa tahapan perekapan dan distribusi data dilakukan secara otomatis oleh sistem. Pada tahap pengaturan pemberian air, akselerasi ini memungkinkan interval operasi irigasi dapat dilakukan lebih singkat dalam mendukung upaya modernisasi irigasi. Akselerasi waktu operasi irigasi lebih lanjut dapat dilakukan jika didukung SDM dan sarana yang memadai khususnya dalam identifikasi keadaan air dan tanaman, pencatatan debit, dan pengaturan air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pengelola DI Bondoyudo pada BBWS Brantas, Dinas PU SDA Provinsi Jawa Timur, Dinas PSDA Kabupaten Jember, dan Dinas PSDA Kabupaten

Lumajang yang telah membantu dan menyediakan data operasi irigasi yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Irigasi dan Rawa. (2011). *Pedoman Umum Modernisasi Irigasi (Kajian Akademik)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktur Jenderal Sumber Daya Air. (2019). *Surat Edaran Direktur Jenderal Sumber Daya Air Nomor 01/SE/D/2019 Tentang Pedoman Teknis Modernisasi Irigasi*.
- Hatmoko, W., Radhika, R., Firmansyah, R., & Fathoni, A. (2017). Ketahanan air irigasi pada wilayah sungai di Indonesia. *Jurnal Irigasi*, 12(2), 65-76. <http://dx.doi.org/10.31028/ji.v12.i2.65-76>
- Hidayah, S., Triyono, J., Choiri, N., Fitriana, D., Menur, O., Utaminingsih, W., & Soraya, H. (2017). *Penerapan Teknologi Terbatas Sarana OP Berbasis Teknologi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- Joubert, M. D., & Prihantoko, A. (2015). Analisis keberterimaan pengguna terhadap aplikasi Sistem Manajemen Operasi Irigasi menggunakan technology acceptance model (Studi Kasus Daerah Irigasi Boro, Purworejo). *Jurnal Irigasi*, 10(1), 11-20.
- Laswono, P. B. (2016). Modifikasi Kinerja Pelayanan Jaringan Irigasi. Dipresentasikan pada The 2nd International Seminar on Science and Technology (ISST 2016), Surabaya, Indonesia. Diperoleh dari <http://repository.its.ac.id/1046/>
- Murtiningrum, Wardana, W., & Rahajeng, M. (2008). Penentuan Kinerja Pengelolaan Irigasi Daerah Irigasi Bondoyudo, Jawa Timur. Diperoleh dari <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/8376>
- Project Management Institute. (2013). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (Fifth edition). Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Rahmandani, D., Irianto, E. W., Sofiyuddin, H. A., Hidayah, S., Hadihardaja, I., & Soentoro, E. A. (2017). Evaluasi Ketepatan Pemberian Air Menggunakan Sistem Manajemen Operasi Irigasi (SMOI) di Daerah Irigasi Bondoyudo. *Jurnal Irigasi*, 12(2), 119-130. <https://doi.org/10.31028/ji.v12.i2.119-130>
- Satker Balai Litbang Irigasi. (2015). *Kajian Jaringan Irigasi dalam Mendukung Ketahanan Pangan*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- Sharma, D., & Yadav, S. (2017). A Review Paper on Critical Chain Project Management Method in Construction Project, 03(02), 4.

Wahyuni, S. N., & Manik, H. (2015). Analisis Perencanaan Waktu Proyek Sistem Informasi menggunakan Critical Path Method dan Metode Kurva Pangkat. Dalam *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI). Diperoleh dari <https://journal.uui.ac.id/Snati/article/view/3539>

Zhou, J., Love, P. E. D., Wang, X., Teo, K. L., & Irani, Z. (2013). A review of methods and algorithms for optimizing construction scheduling. *Journal of the Operational Research Society*, 64(8), 1091–1105. <https://doi.org/10.1057/jors.2012.174>