

PENGELOLAAN BENDUNGAN PADA ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0

Oleh: Didit Puji Riyanto¹, Galih Adya Taurano², Wahyu Prasetyo³, Pranu Arisanto⁴

^{1,2,3,4} Staf Pengajar Politeknik Pekerjaan Umum.

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

E-mail: ¹diditpr.pu@gmail.com

Abstrak

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tengah melaksanakan pembangunan 65 bendungan baru. Pembangunan 65 bendungan sangat dibutuhkan untuk peningkatan ketahanan air, ketahanan pangan dan ketahanan energi. Memasuki era revolusi industri 4.0, pengelolaan 65 bendungan baru di Indonesia perlu melakukan modernisasi dalam hal teknologi dan inovasi untuk menuju pengelolaan bendungan yang efektif dan efisien. Point penting yang perlu disiapkan oleh pengelola bendungan menuju revolusi industri 4.0, diantaranya adalah peningkatan kualitas SDM para pengelola bendungan, peningkatan teknologi peralatan monitoring bendungan, kegiatan monitoring bendungan berbasis Internet of Things (IoT) serta pemberdayaan masyarakat berbasis media informasi internet.

Kata kunci : pengelolaan bendungan, industri 4.0, Internet of Things (IoT)

Abstract

The Government of Indonesia through the Ministry of Public Works and Housing is carrying out the construction of 65 new dams. The construction of these 65 dams is needed to improve water security, food security and energy security. Entering the industrial revolution era 4.0, the management of 65 new dams in Indonesia needs to modernize in terms of technology and innovation towards effective and efficient dam management. Important points that need to be prepared by the managers of the dam towards the industrial revolution 4.0, among them is improving the quality of human resources of dam managers, technological enhancement of dam monitoring equipment, dam monitoring activities based on the Internet of Things (IoT) as well as community empowerment based on internet information media.

Keyword : dam management, industry 4.0, Internet of Things (IoT)

1. Pendahuluan

Too much, too little, too dirty and too expensive merupakan permasalahan klasik pemenuhan kebutuhan air di negara-negara di dunia (Loucks & van Beek, 2017). Keberadaan air di bumi sebesar 98% dimana mayoritas keberadaan air ini berada di laut, sedangkan 2% sisanya merupakan air tawar yang mayoritas berupa gletser dan es yang menutupi kutub bumi. Sekitar 0.36% air tawar berupa aquifer bawah tanah dan dengan jumlah yang sama membentuk danau dan sungai. Begitu banyaknya air yang ada di bumi, namun keberadaan air tidak selalu pada tempat yang tepat dan tidak selalu ada ketika kita membutuhkan. Populasi manusia di dunia diperkirakan mencapai lebih dari 9.4 miliar pada tahun 2050, hal ini membuat para ilmuwan

khawatir terkait dengan keberadaan sumber-sumber air (Sipes, 2010).

Peningkatan pertumbuhan penduduk menjadikan manusia berupaya untuk memenuhi kebutuhan pokok dan sekunder yang mengakibatkan eksploitasi alam secara berlebihan. Hal tersebut berimbas pada perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali serta perubahan secara linier terhadap penurunan daya dukung lingkungan. Akibat yang diperoleh yaitu berkurangnya ketersediaan air, namun disisi lain semakin berpotensi terhadap banjir (Kodoatie & Sjarief, 2010). Dalam pemenuhan kebutuhan air, negara harus berperan aktif agar hak setiap warga negara untuk mendapatkan akses air dapat terpenuhi tanpa dipengaruhi oleh diskriminasi ekonomi dan kondisi geografis

di wilayah tertentu (Nurchayono, Syam, & Sundaya, 2017).

Negara Indonesia telah mengatur pengelolaan air ini dengan menerbitkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 Tentang Pengairan. Tujuan yang tercantum dalam UU No. 11 Tahun 1974 tentang Pengairan adalah air beserta sumber-sumbernya termasuk pula semua kekayaan alam di dalamnya dikuasai sepenuhnya oleh negara dan digunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. (MensetnegRI, 1974). Dalam upaya pemenuhan kebutuhan air, Kementerian PUPR membangun 65 bendungan baru untuk peningkatan ketahanan air, ketahanan pangan serta ketahanan energi dengan outcome tampungan bendungan sebesar 6.5 miliar m³ dan mampu melayani 460.382 Ha areal irigasi (TimWorldBank, 2018).

Industri 4.0 menjadi pokok bahasan penting di Jerman pada Hannover Fair tahun 2011. Dijelaskan bahwa revolusi industri tahap keempat ini merupakan proses transformasi rantai industri secara global. Dengan dimulainya “*Smart Factories*”, revolusi industri 4.0 menciptakan suatu dunia, dimana hubungan antara dunia virtual dengan sistem fisik dari suatu industri global saling dapat bekerja sama dengan segala cara (Schwab, 2016). Menyikapi revolusi industri 4.0, Indonesia menyusun inisiatif “*Making Indonesia 4.0*”, guna menuju arah dan strategi pergerakan industri yang meliputi 5 sektor (makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, otomotif, kimia, dan elektronik) serta 10 prioritas nasional dalam rangka memperkuat struktur perindustrian negara Indonesia (Hartarto, 2019).

Ada 2 point penting pada program 10 prioritas nasional tersebut yang dapat dikaitkan dengan pengelolaan bendungan modern yaitu pembangunan infrastruktur digital nasional, dimana teknologi digital dan internet dengan kecepatan tinggi merupakan suatu kebutuhan. Hal penting berikutnya adalah peningkatan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) yang selaras dengan kebutuhan industri modern, hal ini

memerlukan peningkatan SDM unggul dalam pengelolaan bendungan.

Memasuki era revolusi industri 4.0, pengelolaan 65 bendungan baru di Indonesia sudah selayaknya melakukan modernisasi dalam hal teknologi dan inovasi untuk menuju pengelolaan bendungan yang lebih efektif dan efisien. Point penting yang perlu disiapkan oleh pengelola bendungan menuju revolusi industri 4.0, diantaranya adalah peningkatan kualitas SDM para pengelola bendungan, peningkatan teknologi peralatan monitoring bendungan, kegiatan monitoring bendungan berbasis *Internet of Things* (IoT) serta pemberdayaan masyarakat berbasis media informasi internet. Dengan beragam tantangan yang harus dihadapi oleh pengelola bendungan, penulis berinisiatif melakukan kajian untuk memberikan solusi terhadap tantangan pengelolaan bendungan pada era industri 4.0.

Maksud dari penulisan makalah ini adalah melakukan kajian pengelolaan bendungan terkait pembangunan 65 bendungan baru dalam era revolusi industri 4.0.

Tujuan dari makalah ini adalah:

- a. Mengkaji upaya peningkatan kualitas SDM pengelola bendungan.
- b. Mengkaji modernisasi peralatan monitoring bendungan.
- c. Mengkaji kegiatan monitoring bendungan berbasis *Internet of Things* (IoT).
- d. Mengkaji upaya pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan bendungan berbasis media informasi internet.

2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada makalah ini meliputi pengelolaan bendungan, definisi Industri 4.0, Internet of Things (IoT), serta pembahasan tentang pemantauan bendungan. Berikut uraian dan penjelasan untuk beberapa definisi tersebut.

2.1. Pengelolaan Bendungan

Pengelola bendungan adalah “instansi pemerintah yang ditunjuk oleh Pemilik bendungan, badan usaha yang ditunjuk oleh

Pemilik bendungan, atau Pemilik bendungan untuk menyelenggarakan pengelolaan bendungan beserta waduknya” dengan tujuan kelestarian fungsi dan manfaat bendungan beserta waduknya, efektifitas dan efisiensi pemanfaatan air; dan keamanan bendungan (KemenPUPR, 2015).

2.2. Industri 4.0

Industri 4.0 adalah suatu bidang baru dalam dunia industri yang tercipta dari kemunculan dan distribusi teknologi digital baru serta teknologi internet yang memungkinkan kita untuk mengembangkan proses produksi dengan cara otomatis, dimana objek fisik dapat berinteraksi sendiri tanpa bantuan manusia (Sukhodolov, 2019). Era revolusi industri 4.0 ditandai dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), komputer high tech, rekayasa genetika, teknologi nano, mobil otomatis dan kemajuan inovasi. Perubahan tersebut terjadi dalam waktu yang sangat singkat sehingga menimbulkan dampak terhadap ekonomi, industri, pemerintahan dan politik (Satya, 2018).

2.3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan unsur penting dalam revolusi industri 4.0. IoT memegang peranan utama dalam proses pergerakan industri modern dan merupakan konektivitas antara manusia dengan mesin (Prasetyo & Trisyanti, 2018). Penggabungan internet dengan teknologi seperti *Near-Field Communication* (NFC), *real-time localization* (lokasi real time) dan peralatan yang menggunakan sensor, merubah objek konvensional menjadi objek pintar yang mampu dipahami dan dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Objek pintar tersebut dapat menjadi aplikasi komputasi baru dan menjadi visi dasar infrastruktur global dari objek fisik jaringan (network) yang dikenal dengan Internet of Things (IoT) (Bessis & Dobre, 2014).

2.4. Pemantauan Bendungan (Dam Safety Monitoring)

Monitoring keamanan bendungan atau pemantauan bendungan merupakan kegiatan pemantauan yang bertujuan untuk mengetahui gejala permasalahan pada bendungan secara dini agar dapat diambil tindakan secara cepat dan tepat oleh pengelola bendungan (KemenPUPR, 2015).

3. Metodologi Studi

Makalah ini merupakan makalah studi pustaka. Metodologi studi makalah ini disusun berdasarkan literatur studi berupa buku dan jurnal nasional dan internasional, laman web, laporan resmi dari instansi pemerintah, serta segala peraturan/regulasi hukum yang terkait dengan pengelolaan bendungan dalam kaitannya perkembangan revolusi industri 4.0.

4. Hasil Studi dan Pembahasan

Hasil studi dari makalah ini membahas tentang peningkatan SDM, pengelolaan Dam Safety Monitoring berbasis IoT dan upaya pemberdayaan masyarakat berbasis internet. Berikut merupakan hasil kajian dari makalah ini.

4.1. Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) Pengelola Bendungan

Dalam menghadapi era industri 4.0, pengelola bendungan perlu membangun *smart people* melalui peningkatan kualitas SDM dengan cara:

- a. Peningkatan kapasitas SDM dengan mengikuti program-program pelatihan yang dapat menunjang keahlian, antara lain pelatihan perencanaan bendungan, pelaksanaan konstruksi bendungan, pengawasan dan uji material bendungan, serta O dan P bendungan.
- b. Pemberian sertifikat kompetensi sebagai bentuk pengakuan SDM yang kompeten di bidang bendungan, dengan memberikan sertifikat keahlian (SKA) dan Surat Keterangan Terampil (SKT) sesuai dengan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI).

c. Peningkatan kualitas SDM melalui pendidikan vokasi bagi petugas operasi bendungan. “Pendidikan vokasi merupakan pendidikan tinggi program diploma yang menyiapkan mahasiswa untuk pekerjaan dengan keahlian terapan tertentu sampai program sarjana terapan” (KemenristekdiktiRI, 2018).

Tabel 1. Standar Kompetensi SDM Pengelola Bendungan

NO	JABATAN KERJA	DASAR HUKUM SKKNI	PERSYARATAN PENDIDIKAN	PENGALAMAN KERJA	SKA/SKT
1	Ahli Operasional Bendungan Tipe Urukan	Kepmenaker RI No. 375 Tahun 2013	Sarjana (S1) Teknik Sipil atau Teknik Pengairan	Minimal 5 (lima) tahun menangani kegiatan Operasional Bendungan	SKA Operasional Bendungan Tipe Urukan
2	Ahli Teknik Bendungan Besar	Kepmenaker RI No. 308 Tahun 2016	-	-	SKA Teknik Bendungan Besar
3	Pelaksana Operasional Bendungan Tipe Urukan	Kepmenaker RI No. 81 Tahun 2015	D3 Teknik Sipil/Mesin/Elektro; SMK Teknik (bangunan/mesin/listrik)	5 tahun untuk D3 dan 10 tahun untuk SMK Teknik	Sertifikat Pelaksana Bendungan

Sumber: (MenakertransRI, 2013); (MenakerRI, 2015); (MenakerRI, 2016)

4.2. Pengelolaan Dam Safety Monitoring System

a. Modernisasi Monitoring Keamanan Bendungan

1). Peralatan Dam Safety Monitoring System

Tabel 2. Peralatan Dam Safety Monitoring System

NO	KOMPONEN UTAMA	JENIS	PERALATAN
1	Bendungan	Urugan, beton/urugan, beton	
2	Sensor (instrumentasi)	GNSS (Global Navigation Satellites Systems)	GNSS Receiver
		Optical	Total Station
		Seismik	Broadband seismometer, strong motion accelerometers, seismo-geodetic sensor
		Geoteknik	Piezometer, crack

			gauges, flow meter, pendulum
3	Software	Software monitoring	Sistem monitoring otomatis, pengambilan data otomatis dan manual, proses analisis data, pembuatan bagan/grafik, laporan dan alarm (peringatan)
		Software seismik	Sistem monitoring otomatis, pengambilan data gempa sebelum dan sesudah kejadian, proses analisis data, pembuatan bagan/grafik, laporan dan alarm (peringatan)
4	Web interface	Tampilan data visualisasi	Pengamatan terintegrasi di Dam Control Room
		Tampilan data bagan/grafik	
		Tampilan data analisis	
		Tampilan data alarm (peringatan)	

Sumber: (Gray & Team, n.d.)

2). Pemantauan bendungan menggunakan drone (Unmanned Aerial Vehicles)

Fungsi utama UAVs adalah alat ini dapat mengambil data secara cepat, cukup lincah untuk pengamatan di daerah yang sulit dijangkau manusia, mengamankan operator bendungan untuk inspeksi di area berbahaya, mudah dalam pengiriman data melalui multisensor dan menghemat biaya inspeksi bendungan (Mummert P.E., 2019).

3). Peralatan pemantauan visual bendungan dengan CCTV

Beberapa titik rawan seperti main dam, intake, spillway, dan PLTA perlu dipasang kamera CCTV sehingga keamanan bendungan dapat dipantau dan terekam secara real time.

b. Monitoring Hidrologi Bendungan

1). AWLR (Automatic Water Level Recorder)

Penggunaan AWLR biasanya dikombinasikan dengan alat kontrol (*microcontroller*) dan sensor. Sensor berfungsi mendeteksi perubahan tinggi muka air, sedang mikrokontrol merubah data manual menjadi data spasial (Mariadi, Iqbal, & Sapsal, 2016). AWLR perlu ditempatkan pada intake bendungan untuk memantau TMA waduk, di spillway untuk memantau tinggi limpasan banjir, area upstream untuk memantau debit banjir dari hulu bendungan, dan area downstream untuk

memantau TMA sungai di hilir bendungan.

2). ARR (*Automatic Rainfall Recorder*)

Penggunaan ARR pada bendungan berfungsi untuk mencatat curah hujan secara otomatis. Hasil pencatatan curah hujan otomatis ini akan menjadi historical data yang diperlukan dalam evaluasi debit banjir saat bendungan sudah beroperasi. Untuk mengetahui posisi dan jumlah ARR yang diperlukan dalam suatu DTA bendungan, perlu dilakukan studi rasionalisasi pos hidrologi.

3). Pengamatan Klimatologi Bendungan

Peralatan klimatologi yang diperlukan antara lain ARR, thermometer, evaporation pan, actinograph, sunshine recorder, thermohygrograph, barograph, dan counter anemometer.

c. Monitoring Kualitas Air Bendungan

Alat pengukur parameter kualitas air dapat menggunakan Multiprobe Sensor yang dapat mengukur beberapa parameter kualitas air dalam satu waktu. Parameter yang perlu diamati antara lain Suhu, dissolved oxygen (DO), pH, Conductivity, Salinitas, TDS, Kedalaman, SwSG, Turbidity, Amonia, Nitrat, ORP, COD, BOD, TSS (Wahyono, 2018).

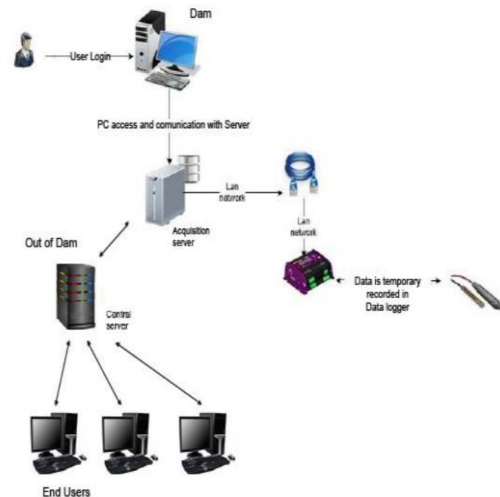
d. Pembangunan Sarana Dam Control Room untuk Pemantauan Bendungan

Pengelola bendungan perlu membangun sarana Dam Control Room guna melakukan pemantauan bendungan secara terintegrasi. Dam Control Room berfungsi untuk ruang pengawasan dan kontrol terhadap semua sistem dan peralatan selama 24 jam non stop (ItaipuBinacional, n.d.).

4.3. Dam Safety Monitoring System Berbasis Internet of Things (IoT)

Konsep pengelolaan Dam Safety Monitoring System modern adalah berbasis objek fisik dan didukung oleh sistem perangkat lunak (Yun-Ping, 2010). Konsep ini menyediakan data penting terkait

keselamatan bendungan dan pengukuran akurat yang dicatat oleh instrumentasi bendungan. Dalam aplikasi pemantauan bendungan, semua sensor pemantauan dapat terhubung dengan internet melalui Cloud dan *Wireless System Network* (WSN). Cloud berfungsi untuk menampung seluruh proses data dan WSN akan menyediakan data yang lebih akurat. Sistem ini berdasarkan teknologi tracking (pelacakan) menggunakan sensor nirkabel dan server yang menjalankan software untuk proses pengumpulan data, pemantauan visual lapangan secara real time dan komunikasi jarak jauh dengan berbagai sistem yang lain (Martac et al., 2016).



Gambar 1 Diagram Pengiriman Data Pada Bendungan Prvonek, Serbia (Martac et al., 2016)

4.4. Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengelolaan Bendungan Berbasis Media Internet

Pengguna internet di Indonesia pada tahun 2018 tercatat sebanyak 171,17 juta jiwa dari total penduduk 264,16 juta jiwa atau sekitar 64,8%. Prosentase pengguna internet mayoritas berada di Pulau Jawa 55,7%, Sumatera 21,6%, Kalimantan 6,6%, Bali-Nusa Tenggara 5,2%, dan Sulawesi-Maluku-Papua 10,9% (APJII, 2018). Potensi masyarakat dalam penggunaan internet memberikan peluang bagi pengelola bendungan untuk melakukan pemberdayaan seperti:

- a. Sosialisasi kepada masyarakat tentang pemantauan bendungan menggunakan via web.
- b. Pemberdayaan masyarakat dalam inovasi pengembangan teknologi kewanaman bendungan, sebagai contoh untuk pengembangan perangkat lunak RTD bendungan berbasis InaSAFE. Dalam pengembangan InaSAFE, masyarakat dilibatkan melalui Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) yang merupakan organisasi non pemerintah untuk pengembangan database pemetaan partisipatif (TheWorldBankGroup, 2018).
- c. Membuat *group* pemantauan bendungan berbasis android/IOS, dengan memanfaatkan aplikasi *Whatsapp*, *Facebook*, *Twitter* dan aplikasi media sosial lainnya.

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

Dari hasil pembahasan makalah, kesimpulan dan rekomendasi terkait pengelolaan bendungan di era industri 4.0 adalah sebagai berikut

5.1. Kesimpulan

- a. Memasuki era revolusi industri 4.0, pengelola bendungan perlu membangun *smart people* untuk peningkatan kualitas SDM dengan cara pelatihan, pemberian sertifikat keahlian/ketrampilan, dan pendidikan vokasi.
- b. Pengelolaan bendungan di Indonesia perlu melakukan modernisasi peralatan pemantauan bendungan melalui objek fisik (instrumen) dan *software*, sehingga kegiatan monitoring bendungan dapat dilakukan berbasis *Internet of Things* (IoT).
- c. Pemberdayaan masyarakat berbasis media internet dapat dilakukan melalui sosialisasi website, pengembangan teknologi kewanaman bendungan dan keterlibatan langsung dalam pemantauan bendungan dengan memanfaatkan media sosial.

5.2. Rekomendasi

- a. Peralatan pemantauan bendungan modern memerlukan pemeliharaan intensif, sehingga perlu perhitungan AKNOP untuk kebutuhan biaya O dan P peralatan monitoring.
- b. Penyebaran informasi IoT terkait dengan pemantauan bendungan harus mengantisipasi berita hoax.

DAFTAR PUSTAKA

- APJII. (2018). *Penetrasi dan Profil Perilaku Pengguna Internet Indonesia*. In Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. Retrieved from <https://apjii.or.id/survei2018s>
- Bessis, N., & Dobre, C. (2014). *Big Data and Internet of Things A Roadmap for Smart Environments* (N. Bessis & C. Dobre, Eds.). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05029-4>
- Gray, J., & Team, T. M. (n.d.). *Dam Safety Monitoring System*. Retrieved from www.damsafety.in
- Hartarto, A. (2019). *Making Indonesia 4.0*. In Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Indonesia.
- ItaipuBinacional. (n.d.). *Control Room*. Retrieved from www.itaipu.gov.br
- KemenPUPR. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan*. , (2015).
- KemenristekdiktiRI. *Permenristekdikti RI No. 54 Tahun 2018 Tentang Penyelenggaraan Program Diploma Dalam Sistem Terbuka Pada Perguruan Tinggi*. , Pub. L. No. 54 (2018).
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air*. Yogyakarta, Indonesia: ANDI OFFSET.
- Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). *Water Resource Systems Planning and Management*. Switzerland: Springer International Publishing AG.
- Mariadi, S., Iqbal, & Sapsal, M. T. (2016). *Pengembangan Telemetri Ketinggian*

- Permukaan Air Pada Sungai Ta'Deang Kab. Maros.* Jurnal AgriTechno, 9(2), 134–141.
- Martac, R., Milivojevic, N., Milivojevic, V., Cirovic, V., & Barac, D. (2016). *Using IoT in Monitoring and Management of Dams in Serbia.* Facta Universitatis - Series: Electronics and Energetics, MenakerRI. *Kepmen Ketenagakerjaan RI No. 81 Tahun 2015 Tentang Penetapan SKKNI Kategori Konstruksi Golongan Pokok konstruksi Bangunan Sipil Pada Jabatan Kerja Pelaksana Operasi dan Pemeliharaan Bendungan Tipe Urukan.* , Pub. L. No. 81, Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2015).
- MenakerRI. *Kepmen Ketenagakerjaan RI No. 308 Tahun 2016 Tentang Penetapan SKKNI Kategori Golongan Pokok Konstruksi Bangunan Sipil Pada Jabatan Kerja Ahli Teknik Bendungan Besar.* , Pub. L. No. 308, Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2016).
- MenakertransRI. *Kepmen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. 375 Tahun 2013 Tentang Penetapan SKKNI Kategori Konstruksi Golongan Pokok Konstruksi Bangunan Sipil Golongan Konstruksi Bangunan Sipil Lainnya Sub Golongan Konstruksi Bangunan Sipil Lainnya Kelompok Usaha Konstruksi.* , Pub. L. No. 375, Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia (2013).
- MensetnegRI. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 Tentang Pengairan.* , Pub. L. No. 11 Tahun 1974, 11 (1974).
- Mummert P.E., D. (2019). *Using Drones for Safer Dam Inspections and Evaluations.* Retrieved from www.trihydro.com
- Nurcahyono, A., Syam, H., & Sundaya, Y. (2017). *Hak Atas Air dan Kewajiban Negara dalam Pemenuhan Akses terhadap Air.* MIMBAR, Jurnal Sosial Dan Pembangunan, 31(2), 389.
- Prasetyo, B., & Trisyanti, U. (2018). *Revolusi Industri 4.0 Dan Tantangan Perubahan Sosial.* IPTEK Journal of Proceedings Series, 0(5),22–27. <https://doi.org/10.12962/J23546026.Y2018I5.4417>
- Satya, V. E. (2018). *Strategi Indonesia Menghadapi Industri 4.0.* Info Singkat Vol. X, No. 09/I/Puslit/Mei/2018, Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI, X(09), 19–23.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution.* In The British Journal of Psychiatry (Vol. 112).
- Sipes, J. L. (2010). *Sustainable Solutions for Water Resources (Policies, Planning, Design and Implementations).* In Water Resources. Canada, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Sukhodolov, Y. A. (2019). *The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 as a Sphere of Industry.* In Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7>
- TheWorldBankGroup. (2018). *Meningkatkan Keamanan Bendungan dan Perlindungan Masyarakat Umum melalui Rencana Tindak Darurat dan Rencana Kontinjensi Berbasis InaSAFE.* In World Bank Publications.
- TimWorldBank. (2018). *Matriks Maturitas untuk Tolok Ukur Kelembagaan Keamanan Bendungan di Indonesia.* Indonesia: World Bank Publications.
- Wahyono, H. D. (2018). *Penerapan Teknologi Online Monitoring Kualitas Air.* Prosiding Seminar Nasional Dan Konsultasi Teknologi Lingkungan, 42–51.
- Yun-Ping, C. (2010). *Development of Real-Time Monitoring and Early Warning System of Dam Safety.*