

Kriteria Lokasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja dan Optimasi Cakupan Layanan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Kota Bandung)

Location Criteria of Faecal Sludge Treatment Plant and Optimization of Service Coverage Using Geographic Information System (Case Study Bandung City)

Ahmad Soleh Setiyawan^{1*}, Happy Tesyana Widodo², Dyah Wulandari Putri³ dan Moch. Zaelani⁴

^{1,2,3,4}Pengelolaan Infrastruktur Air Bersih dan Sanitasi, Institut Teknologi Bandung, Jalan Let. Jen. Purn. Mashudi No.1 Sumedang 45363

*E-mail : ahmad_setiyawan@ftsl.itb.ac.id

Abstrak: Lokasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) yang tidak direncanakan dengan tepat dapat mengakibatkan tingkat pelayanan IPLT menjadi rendah, kurangnya pasokan lumpur tinja ke IPLT, dan masalah pencemaran lingkungan akibat *illegal dumping*. Pada studi ini, dilakukan analisis terhadap aspek-aspek penting dalam penentuan lokasi IPLT serta penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam mengoptimalkan cakupan layanan IPLT di Kota Bandung. Identifikasi kriteria dan bobot kriteria dalam penentuan lokasi IPLT dilakukan dengan menggunakan metode *pairwise comparison* terhadap kriteria dan subkriteria yang diperoleh dari kajian literatur dan hasil diskusi dengan pemangku kepentingan. Hasil identifikasi kriteria kemudian dipetakan dan dianalisis dengan aplikasi ArcMAP 10.8.1. Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat 5 kriteria yang dinyatakan penting dalam pemilihan lokasi IPLT yaitu teknis, kelembagaan, regulasi dan kebijakan, keuangan, serta penerimaan masyarakat. Identifikasi lebih lanjut dari 5 kriteria ditemukan 22 subkriteria dan terdapat 10 subkriteria diantaranya yang dapat digunakan dalam pemilihan lokasi dan optimasi cakupan layanan IPLT pada studi ini. Berdasarkan pemetaan SIG, diperoleh cakupan layanan optimum untuk melayani seluruh wilayah di Kota Bandung yang belum terlayani sistem perpipaan air limbah dengan penggunaan 3 lokasi IPLT yaitu Kecamatan Gedebage, Kecamatan Cinambo, dan Kecamatan Andir. Total kebutuhan luas IPLT Kota Bandung pada tahun 2041 yaitu IPLT 26.400 m². Cakupan layanan optimum diperoleh berdasarkan subkriteria jarak terdekat dan waktu tempuh tercepat dari lokasi IPLT ke wilayah pelayanan terjauh.

Kata kunci: cakupan layanan, Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja, kriteria lokasi, Sistem Informasi Geografis

Abstract: The location of Faecal Sludge Treatment Plant (FSTP) that is not planned properly can result in a low level of FSTP service, a lack of supply of faecal sludge to the FSTP, and environmental pollution problems due to illegal dumping. In this study, an analysis of important aspects in determining the location of the FSTP and the application of the Geographical Information Systems (GIS) was carried out in optimizing the coverage of FSTP services in Bandung City. The identification of criteria and weight of criteria in determining the FSTP location was performed using a pairwise comparison method against the criteria and sub-criteria obtained from literature review and result of discussion with stakeholders. The results of the identification criteria were then mapped and analyzed using ArcMAP 10.8.1. Based on the identification results, there are 5 criteria that are declared important in selecting FSTP locations, namely technical, institutional, regulatory and policy, financial, and public acceptance. Further identification of the 5 criteria found 22 sub-criteria and there are 10 sub-criteria including those that can be used in selecting and optimize the service coverage of the FSTP locations in this study. Based on the GIS mapping, an optimum service coverage to serve all areas in Bandung City that has not been served by a wastewater piping system was obtained by using 3 FSTP locations, namely Districts of Gedebage, District of Cinambo, and District of Andir. The total required area of FSTP in Bandung City is 26,400 m² in 2041. The optimum service coverage is obtained based on the sub-criteria of the shortest distance and the fastest travel time from the FSTP location to the farthest service areas.

Keywords: *Faecal Sludge Treatment Plant, Geographical Information System, location criteria, service coverage*

PENDAHULUAN

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan mata rantai sistem pengelolaan air limbah domestik sistem setempat. IPLT menerima dan mengolah lumpur tinja dari fasilitas-fasilitas pengolahan air limbah domestik sistem setempat (Oktarina & Haki, 2013; PUPR, 2017a). Keberadaan IPLT sangat penting sebagai infrastruktur sanitasi untuk memutus praktek Buang Air Besar Sembarangan (BABs) sebagaimana yang ditargetkan oleh *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024. Perencanaan IPLT juga sebagai salah satu cara untuk dapat mengelola air limbah domestik dari sistem setempat yang mendukung target Pemerintah Indonesia dalam mencapai 90% akses sanitasi layak rumah tangga termasuk di dalamnya 15% akses sanitasi aman yang tertuang dalam RPJMN 2020-2024.

Pada saat ini, banyak IPLT di Indonesia yang tidak beroperasi secara optimal (Aspirant dkk., 2010). Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, terdapat lebih dari 150 IPLT terbangun di Indonesia namun kurang dari 10% yang dioperasikan dengan baik (Abfertiawan dkk., 2018). IPLT tidak dapat menjangkau seluruh area pelayanan yang diharapkan berpotensi untuk dilayani baik karena keterbatasan jarak, waktu, dan akses jalan (Aspirant dkk., 2010; Schoebitz dkk., 2017). IPLT mengalami kekurangan pasokan lumpur tinja yang berakibat pada penurunan kinerja IPLT (Tayler, 2018; Zulfi dkk., 2018), baik terkait proses pengolahan, maupun finansial bagi keberlanjutan IPLT itu sendiri. Selain itu, timbul masalah pencemaran lingkungan akibat truk tinja yang membuang lumpur tinja secara ilegal ke badan air karena tidak dapat menjangkau lokasi IPLT (Harada & Strande, 2016; Tayler, 2018). Masalah-masalah ini menciptakan tantangan kepada *stakeholders* terkait untuk merencanakan IPLT dengan lebih baik, salah satunya yaitu dengan penentuan lokasi IPLT yang tepat agar IPLT dapat berfungsi secara optimal.

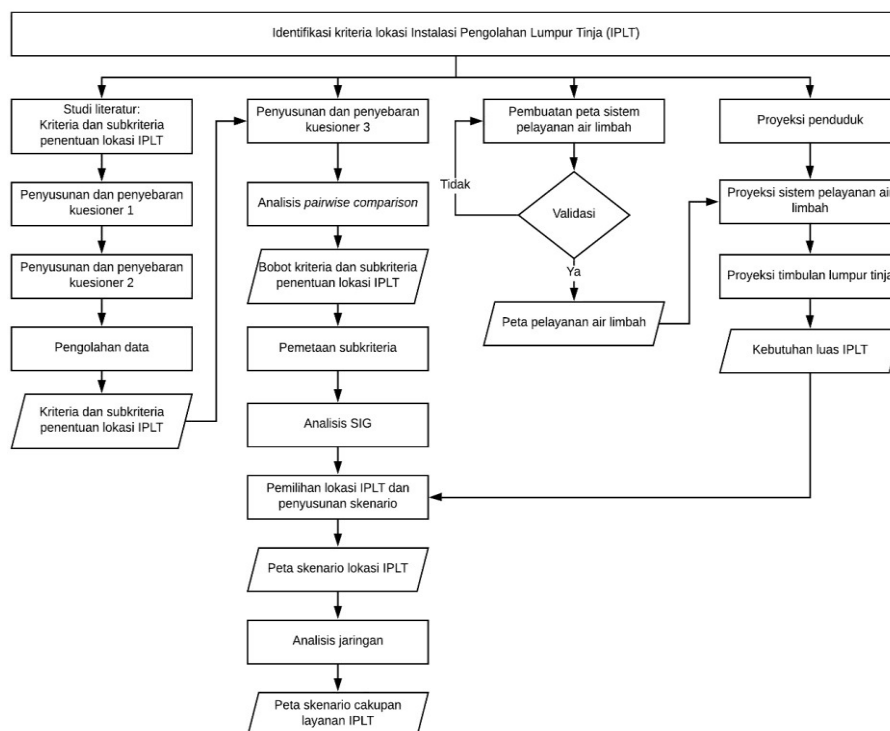
Sistem Informasi Geografis (SIG) sudah banyak digunakan dalam pemetaan dan penentuan lokasi-lokasi infrastruktur strategis untuk mengoptimalkan pelayanan fasilitas publik contohnya yaitu penentuan lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kabupaten Demak (Daniyal dkk., 2017). Namun, masih belum banyak informasi spesifik terkait penerapan SIG untuk optimasi cakupan layanan dari IPLT. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penentuan kriteria lokasi IPLT dan penerapan SIG dalam upaya memetakan lokasi IPLT dan mengoptimalkan cakupan layanan IPLT di lokasi studi yaitu Kota Bandung yang memiliki kompleksitas dalam pengelolaan lumpur tinja dan memiliki keterbatasan lahan.

METODOLOGI PENELITIAN

Skema kerangka berpikir dalam identifikasi lokasi dan cakupan layanan IPLT dengan menggunakan metode SIG disajikan pada **Gambar 1**.

Identifikasi Kriteria dan Bobot Kriteria

Kriteria dan subkriteria dalam penentuan lokasi IPLT diperoleh dari hasil studi literatur dan bobot kriteria diperoleh dari analisis *pairwise comparison* dengan membandingkan nilai kepentingan antarkriteria dan nilai kepentingan antarsubkriteria dalam kriteria yang sama. Daftar kriteria dan subkriteria penentuan lokasi IPLT hasil studi literatur dan diskusi dengan pemangku kepentingan ditunjukkan pada **Tabel 1**. Diskusi dengan salah satu pemangku kepentingan sebelum penyebaran kuesioner menghasilkan subkriteria kepadatan lalu lintas sebagai salah satu hal yang dianggap harus dipertimbangkan dalam penentuan lokasi IPLT. Seluruh subkriteria digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kuesioner yang disebarakan kepada 31 responden dari pemangku kepentingan di lima kota di Indonesia yang memiliki IPLT dengan status beroperasi, baik optimal maupun tidak optimal. Responden diharapkan dapat mewakili pengelola air limbah di kota/kabupaten di Indonesia, badan perencanaan pembangunan baik daerah maupun nasional, dinas yang secara langsung ikut dalam penentuan lokasi IPLT di kota/kabupaten di Indonesia, serta USAID IUWASH selaku perwakilan lembaga independen non pemerintahan di bidang air bersih, sanitasi, dan higiene. Berdasarkan data Kementerian PUPR yaitu DKI Jakarta, Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, dan DI Yogyakarta. Kuesioner terdiri atas tiga tahapan dengan dua tahap awal ditujukan untuk menilai kriteria dan subkriteria yang harus dipertimbangkan dalam penentuan lokasi IPLT, kemudian kuesioner tahap ketiga ditujukan untuk mengetahui bobot dari kriteria dan subkriteria. Bobot hasil *pairwise comparison* terbagi atas bobot kriteria dan bobot subkriteria pada kriteria yang sama. Bobot subkriteria terbagi menjadi bobot lokal dan global. Bobot global didapatkan dengan mengalikan bobot subkriteria pada suatu kriteria dengan bobot kriterianya. Bobot global digunakan sebagai pembanding antarsubkriteria pada kriteria yang berbeda.



Gambar 1. Skema kerangka berpikir dalam identifikasi lokasi dan cakupan layanan IPLT dengan menggunakan metode SIG

Tabel 1. Kriteria dan subkriteria penentuan lokasi IPLT berdasarkan hasil studi literatur dan masukan dari pemangku kepentingan tahap I

Kriteria	Kode	Subkriteria	Atribut	Nilai
Teknis	T1	Jarak tempuh IPLT ke wilayah pelayanan terjauh ^{1,2}	> 15 km	3
			10-15 km	5
			5-10 km	7
			3-5 km	9
			< 3 km	11
	T2	Waktu tempuh IPLT ke wilayah pelayanan terjauh ¹	45-60 menit	3
			30-45 menit	5
			< 30 menit	7
	T3	Kemiringan lahan ^{1,7}	16-25%	9
			8-15%	7
			3-7%	5
	T4	Jarak ke badan air penerima ^{1,7}	> 30 km	3
Kelembagaan			20-29 km	5
			10-19 km	7
			3-9 km	9
			< 3 km	11
	T5	Jenis tanah ^{1,3}	Pasir	2
			Lanau	5
			Lempung	10
	T6	Keamanan lokasi dari bencana banjir ^{2,3,7}	Tidak berpotensi banjir	10
			Daerah berpotensi banjir	0
	T7	Luas lahan ^{1,4}	-	-
	T8	Kedalaman muka air tanah ³	-	-
	T9	Jarak IPLT ke permukiman terdekat ³	-	-
Regulasi dan Kebijakan	T10	Kemudahan jalan akses menuju lokasi IPLT ^{5,7}	-	-
	T11	Kepadatan lalu lintas ⁶	-	-
	T12	Ketersediaan fasilitas pendukung (air, listrik, dll) ^{1,7}	-	-
	K1	Koordinasi antar SKPD	-	-
	R1	Jenis tata guna lahan sesuai RTRW ¹	Permukiman	3
			Industri	5
			Perkebunan	7
			Pertanian	9
	R2	Kesesuaian dengan dokumen terkait (masterplan, outline plan, dll) ¹	Dapat disesuaikan	5
			Sesuai	10
	R3	Batas administrasi wilayah ^{1,2}	Di luar batas administrasi cakupan pelayanan	2
			Di dalam batas administrasi cakupan pelayanan	10
	R4	Legalitas lahan ¹	Swasta	3
			Milik Masyarakat	7

Kriteria	Kode	Subkriteria	Atribut	Nilai
Keuangan	U1	Harga tanah ^{4,7}	Milik Pemerintah	10
			> Rp10.000.000	2
			Rp5.000.000-Rp10.000.000	5
			Rp2.000.000-Rp5.000.000	8
			< Rp2.000.000	11
Penerimaan/ dukungan masyarakat	M1	Penerimaan masyarakat sekitar terhadap rencana IPLT ¹	Negosiasi	5
			Didukung	10
	M2	Kesadaran masyarakat dalam mengelola air limbah domestik ⁵	-	-
	M3	Kesediaan masyarakat untuk melakukan pengurusan lumpur tinja ⁵	-	-
	M4	Kesediaan masyarakat untuk membayar pengurusan lumpur tinja ⁵	-	-

Sumber: ¹(Kementerian PUPR, 2017a); ²(Samsuhadi, 2012); ³(Bassan & Robbins, 2014); ⁴(Jajac dkk., 2019); ⁵(Pratiwi, 2019); ⁶Wawancara PDAM Tirtawening; dan ⁷(Tayler, 2018).

Catatan: Atribut yang tercantum hanya atribut subkriteria yang digunakan untuk pemetaan.

Pemetaan Daerah Studi

Daerah studi dalam penelitian ini adalah wilayah di Kota Bandung yang belum terlayani oleh sistem perpipaan air limbah perkotaan. Pemetaan terhadap daerah studi dilakukan dengan menggunakan aplikasi ArcMAP 10.8.1. Proses pemetaan diawali dengan operasi *georeferencing* terhadap gambar peta pelayanan air limbah Kota Bandung dengan menggunakan acuan peta rupa bumi (RBI) tahun 2001 dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan skala 1:25.000. Tahap berikutnya adalah melakukan digitasi peta untuk menentukan wilayah pembagian peta sesuai dengan gambar peta sistem pelayanan air limbah Kota Bandung. Setelah peta berhasil didigitasi, dilakukan penggabungan peta dengan peta batas kecamatan tahun 2015 dan peta persebaran titik pembuangan Kota Bandung tahun 2020 sebagai dasar dalam validasi peta dengan pihak PDAM Tirtawening selaku pengelola air limbah di Kota Bandung. Langkah terakhir yaitu perhitungan luas pada setiap daerah pelayanan air limbah Kota Bandung sebagai dasar dalam proyeksi timbulan lumpur tinja di daerah studi.

Penentuan Lokasi IPLT

Pemetaan dilakukan terhadap delapan subkriteria yang dapat digunakan dari total dua puluh dua subkriteria yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan lokasi IPLT. Hasil dari pemetaan tersebut digunakan sebagai peta dasar dalam penentuan lokasi IPLT. Delapan subkriteria yang digunakan sebagai peta dasar dalam penentuan lokasi IPLT yaitu kemiringan lahan (T3), jarak ke badan air penerima (T4), jenis tanah (T5), keamanan lokasi dari bencana banjir (T6), tata guna lahan sesuai RTRW (R1), kesesuaian dengan dokumen terkait (R2), batas administrasi wilayah (R3), dan harga tanah (U1). Seluruh peta dasar diproses dengan menggunakan *intersect* untuk mendapatkan peta kelayakan lokasi IPLT. Skor lokasi yang digunakan sebagai dasar dalam penentuan lokasi IPLT, didapatkan dari hasil kali antara nilai atribut peta masing-masing subkriteria dengan bobotnya. Klasifikasi wilayah pada peta kelayakan lokasi IPLT mengacu pada persentase rentang kelas penerimaan lokasi IPLT menurut

(Kementerian PUPR, 2017a) yaitu wilayah yang dapat diterima dengan skor 205-335 atau > 62%, wilayah yang dapat dipertimbangkan dengan skor 150-205 atau 45%-62%, dan wilayah yang tidak dapat diterima dengan skor 0-150 atau < 45%.

Perhitungan Timbulan Lumpur Tinja

Proyeksi timbulan lumpur tinja dilakukan dengan periode perencanaan 20 tahun yakni tahun 2022-2041. Proyeksi timbulan lumpur tinja digunakan sebagai dasar dalam penentuan kebutuhan luas IPLT pada akhir tahun perencanaan. Tahapan ini diawali dengan proyeksi penduduk dan membaginya menjadi 4 kelompok yaitu penduduk yang terlayani perpipaan air limbah perkotaan, penduduk yang masih melakukan BABs, serta penduduk yang menggunakan fasilitas onsite individual dan komunal berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Bandung dan PDAM Tirtawening. Tahapan dilanjutkan dengan perhitungan timbulan lumpur tinja yang dihasilkan di daerah studi dengan laju timbulan lumpur tinja diasumsikan berdasarkan hasil wawancara dengan pihak pengelola yaitu $2,5 \text{ m}^3/\text{SR}/3 \text{ tahun}$ dengan 1 SR terdiri atas 6 orang. Penggunaan asumsi timbulan lumpur tinja tersebut memiliki nilai yang dekat dengan hasil dari penelitian Mills dkk (2014) di beberapa kota di Indonesia yaitu akumulasi lumpur tinja yang terbentuk pada unit pengolahan setempat berkisar antara 13 l/orang/tahun – 130 l/orang/tahun atau setara dengan $0,234 \text{ m}^3/\text{SR}/3 \text{ tahun}$ – $2,34 \text{ m}^3/\text{SR}/3 \text{ tahun}$. Setelah diketahui timbulan lumpur tinja, kemudian dilakukan skenario peningkatan pelayanan IPLT dari data tahun 2020 yaitu 6,29% menjadi 100% pada tahun 2041. Hasil Proyeksi timbulan lumpur tinja kemudian dikonversi menjadi kebutuhan luas IPLT dengan pendekatan data IPLT *compact* Gumuruh yaitu kapasitas $20 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan luas 800 m^2 .

Penentuan Cakupan Layanan IPLT

Setelah lokasi IPLT ditentukan, analisis jaringan terhadap setiap lokasi IPLT dilakukan untuk mengetahui cakupan layanan IPLT. Cakupan layanan IPLT merupakan wilayah yang penduduknya memiliki akses pelayanan IPLT. Pada penelitian ini, cakupan layanan IPLT ditentukan dengan mengacu pada dua subkriteria penentuan lokasi IPLT yakni jarak dan waktu tempuh dari lokasi IPLT ke daerah pelayanan dengan batasan jenis jalan yang digunakan yakni hanya jalan arteri, kolektor, dan lokal karena tiga jenis jalan ini memiliki lebar rencana lebih dari 3 meter (Kementerian PUPR, 2017b). Analisis jaringan untuk penentuan jarak lokasi IPLT ke daerah pelayanan memerlukan peta jalan dengan atribut panjang jalan. Analisis jaringan untuk menentukan waktu tempuh dari lokasi IPLT ke daerah pelayanan membutuhkan peta jalan dengan atribut panjang jalan, kecepatan, dan waktu tempuh. Waktu tempuh yang digunakan pada penelitian ini menggunakan hubungan antar jarak, waktu, dan kecepatan yang terbagi atas tiga jenis jalan yaitu arteri, kolektor, dan lokal. Persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut.

$$\text{Waktu tempuh} = \left(F_a \times \sum \frac{J_{as}}{v_{as}} \right) + \left(F_k \times \sum \frac{J_{ks}}{v_{ks}} \right) + \left(F_l \times \sum \frac{J_{ls}}{v_{ls}} \right)$$

Keterangan:

- J_{as} = Jarak tempuh di jalan arteri dari IPLT ke cakupan layanan pada setiap kelas kemiringan lahan (km)
- v_{as} = Kecepatan truk di jalan arteri pada setiap kelas kemiringan (km/jam)
- F_a = Faktor koreksi waktu tempuh di jalan arteri

J_{ks}	=	Jarak tempuh di jalan kolektor dari IPLT ke cakupan layanan pada setiap kelas kemiringan lahan (km)
v_{ks}	=	Kecapatan truk di jalan kolektor pada setiap kelas kemiringan (km/jam)
F_k	=	Faktor koreksi waktu tempuh di jalan kolektor
J_{ls}	=	Jarak tempuh di jalan lokal dari IPLT ke cakupan layanan pada setiap kelas kemiringan lahan (km)
v_{ls}	=	Kecapatan truk di jalan lokal pada setiap kelas kemiringan (km/jam)
F_l	=	Faktor koreksi waktu tempuh di jalan lokal

Kecepatan truk tinja mengacu pada kecepatan rencana sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan menurut (Kementerian PUPR, 2017b) yang dikalikan dengan faktor perbandingan antara waktu tempuh truk dengan mobil berpenumpang pada jarak dan kondisi jalan yang sama yaitu 1,14 (Novandi dkk., 2010). Selanjutnya, untuk mendapatkan waktu tempuh yang telah mempertimbangkan faktor kepadatan lalu lintas, digunakan faktor koreksi waktu di Kota Bandung yang didapatkan dari hasil perbandingan antara waktu tempuh hasil analisis jaringan dengan waktu tempuh aplikasi *Google Maps* pada rute yang sama.

Setelah jarak dan waktu tempuh dari lokasi IPLT ke wilayah pelayanan terjauh diketahui maka dapat ditentukan skor cakupan layanan dari masing-masing IPLT pada setiap skenario dengan mengalikan bobot global subkriteria dengan nilai atributnya. Skor cakupan layanan masing-masing IPLT yang dijumlahkan dengan skor lokasi IPLT disebut dengan skor akhir yang menunjukkan tingkat kelayakan lokasi IPLT. Selain data jarak dan waktu tempuh dari titik IPLT ke daerah pelayanan terjauh, didapatkan juga data luas wilayah yang dapat dilayani oleh masing-masing IPLT pada setiap skenario. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kebutuhan luas IPLT yang kemudian dibandingkan dengan ketersediaan lahannya untuk mengetahui kelayakan lokasi IPLT terhadap cakupan layanannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria dan Sub Kriteria Lokasi IPLT

Berdasarkan hasil kuesioner tahap dua, terdapat 4 input subkriteria tambahan dalam penentuan lokasi IPLT yaitu kemungkinan lokasi yang sama dengan tempat pemrosesan akhir/TPA (T13), biaya pematangan lahan (U2), kompensasi ke masyarakat (U3), dan kompensasi dampak lingkungan (U4). Bobot global yang didapatkan dengan mengalikan antara bobot kriteria dengan bobot lokal subkriteria, disajikan pada **Tabel 2**. Dalam penentuan bobot kriteria dan subkriteria penentuan lokasi IPLT, seluruh responden memiliki bobot yang sama. Sistem mayoritas ditentukan sebagai batasan dalam pengambilan keputusan yaitu suara responden di atas 50% dapat menyatakan bahwa subkriteria perlu untuk dipertimbangkan. Terdapat tiga subkriteria yang dianggap tidak perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi IPLT yakni kemungkinan lokasi yang sama dengan TPA (T13), kompensasi ke masyarakat (U3), dan kompensasi dampak lingkungan (U4). Sementara, subkriteria koordinasi antar SKPD (K1) walaupun dinilai perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi IPLT, namun subkriteria ini tidak dimasukkan pada daftar matriks berpasangan karena para responden menyatakan bahwa

subkriteria ini sulit dalam penilaian dan pengkategoriannya. Bobot global merupakan bobot keseluruhan yang menggambarkan tingkat prioritas dari subkriteria terhadap seluruh subkriteria dalam penentuan lokasi IPLT. Terdapat 22 subkriteria yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi IPLT dari total 26 subkriteria dengan harga tanah, penerimaan masyarakat, legalitas tanah, tata guna lahan, kesesuaian dengan dokumen terkait, serta keamanan lokasi dari bencana banjir merupakan 6 subkriteria teratas.

Pemetaan Daerah Studi

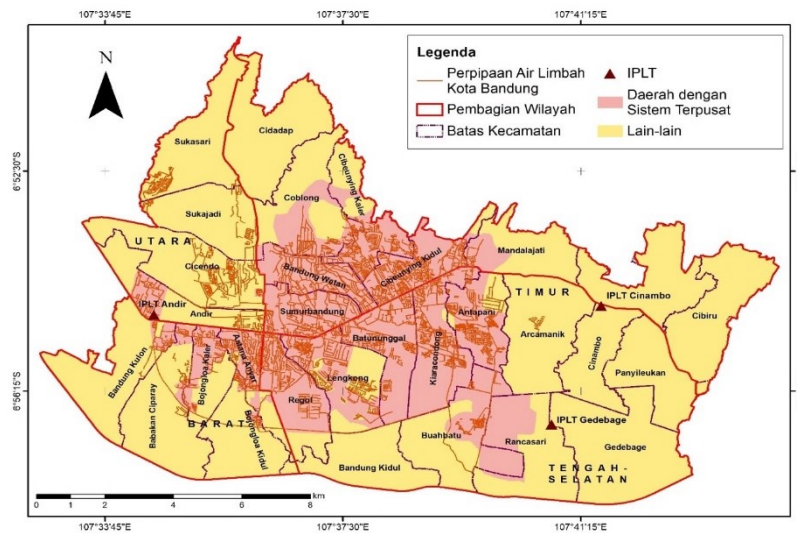
Hasil pemetaan Kota Bandung berdasarkan sistem pelayanan air limbah Kota Bandung disajikan pada **Gambar 2**. Kota Bandung dibagi menjadi dua yaitu daerah yang telah terlayani sistem terpusat dan daerah yang belum terlayani sistem terpusat (lain-lain). Luas wilayah yang belum terlayani sistem air limbah terpusat untuk wilayah Bandung Utara, Timur, Barat, dan Tengah-Selatan masing-masing adalah 2.210,97 Ha, 3.031,29 Ha, 2.037,11 Ha, dan 4.809,39 Ha. Wilayah di Kota Bandung yang belum terlayani oleh sistem perpipaan air limbah perkotaan ini merupakan wilayah sebagai dasar dalam proyeksi timbulan lumpur tinja di daerah studi yang nantinya akan dilayani oleh sistem setempat dan IPLT.

Tabel 2. Bobot global seluruh subkriteria (tahap I dan II) dalam penentuan lokasi IPLT

Kriteria (Bobot Kriteria)	Kode Subkriteria	% Responden	Bobot Global
Teknis (37)	T1	90,3	3
	T2	93,5	3
	T3	90,3	3
	T4	96,8	3
	T5	80,6	3
	T6	100,0	7
	T7	87,1	3
	T8	87,1	3
	T9	90,3	3
	T10	100,0	3
	T11	80,6	2
	T12	100,0	2
	T13	35,5	-
Kelembagaan	K1	93,5	-
Regulasi dan Kebijakan (27)	R1	100,0	8
	R2	100,0	7
	R3	83,9	4
	R4	100,0	8
Keuangan (16)	U1	74,2	10
	U2	61,3	6
	U3	45,2	-
	U4	38,7	-
Penerimaan/ dukungan masyarakat (21)	M1	100,0	9
	M2	93,5	5
	M3	90,3	4
	M4	74,2	3

Kebutuhan Luas Lahan IPLT

Kebutuhan luas lahan IPLT berdasarkan jumlah proyeksi timbulan lumpur tinja dengan periode perencanaan tahun 2022-2041 disajikan pada **Tabel 3**. Hasil proyeksi total penduduk dengan metode logaritmik pada tahun 2041 yaitu sebesar 2.734.497 jiwa dengan jumlah penduduk yang dilayani sistem perpipaan air limbah sebanyak 778.638 jiwa, serta jumlah penduduk yang menggunakan fasilitas onsite dan komunal sebanyak 1.955.860. Timbulan lumpur tinja yang dihasilkan pada akhir perencanaan yaitu 239.430 m³/tahun. Timbulan lumpur tinja dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang menggunakan fasilitas onsite dan komunal serta direncanakan tidak ada praktik BABs pada akhir tahun perencanaan dan rencana peningkatan pelayanan IPLT menjadi 100% dari seluruh fasilitas sanitasi *onsite* di Kota Bandung. Hasil proyeksi timbulan lumpur tinja kemudian dikonversi menjadi kebutuhan luas lahan IPLT dengan pendekatan sistem IPLT *compact* Gumuruh yaitu kapasitas 20 m³/hari dengan luas 800 m² sehingga diperoleh total kebutuhan luas lahan IPLT sebesar 26.400 m².



Gambar 2. Hasil pemetaan sistem pelayanan air limbah di Kota Bandung

Tabel 3. Proyeksi timbulan lumpur tinja dan kebutuhan luas lahan IPLT di Kota Bandung Tahun 2022-2041

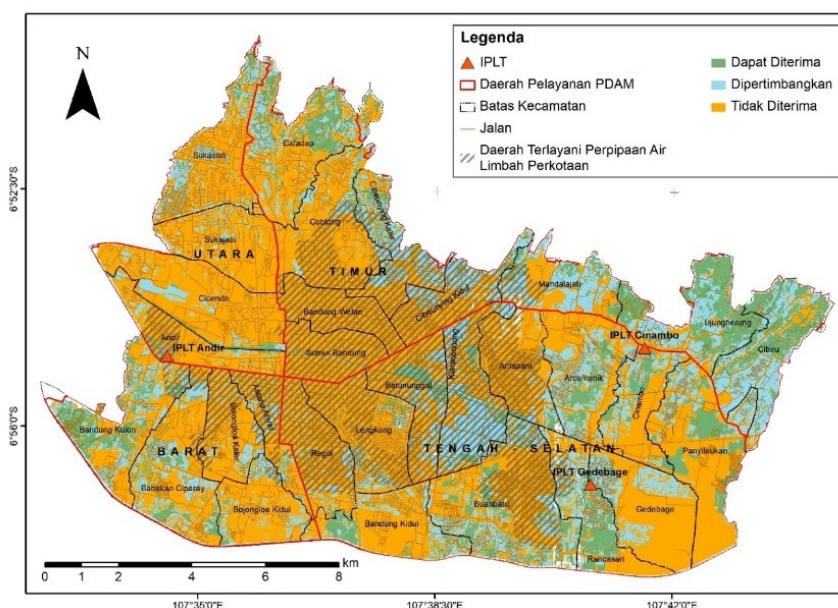
Tahun	Proyeksi timbulan lumpur tinja (m ³ /tahun)	Kebutuhan luas lahan IPLT (m ²)	Tahun	Proyeksi timbulan lumpur tinja (m ³ /tahun)	Kebutuhan luas lahan IPLT (m ²)
2022	3.169	800	2032	75.152	8.800
2023	6.244	800	2033	87.588	9.600
2024	10.661	1.600	2034	101.042	11.200
2025	15.451	2.400	2035	115.530	12.800
2026	21.147	2.400	2036	131.063	14.400
2027	27.765	3.200	2037	147.657	16.800
2028	35.317	4.000	2038	165.326	18.400
2029	43.817	5.600	2039	184.084	20.800
2030	53.281	6.400	2040	216.650	24.000
2031	63.721	7.200	2041	239.430	26.400

Kelayakan Lokasi IPLT

Peta kelayakan lokasi IPLT berdasarkan hasil *intersect* delapan subkriteria disajikan pada **Gambar 3**. Rentang nilai yang ditentukan pada peta ini yaitu lokasi dapat diterima bila memiliki nilai lebih besar dari 341, lokasi dapat dipertimbangkan apabila memiliki nilai 308-341, dan lokasi tidak dapat diterima apabila memiliki nilai lebih rendah dari 308. Berdasarkan rentang nilai tersebut, terdapat tiga rencana lokasi IPLT yang dapat diterima dengan skor di atas 341 yaitu di Kecamatan Gedebage, Cinambo, dan Andir. Karakteristik dari masing-masing lokasi rencana IPLT ditunjukkan pada **Tabel 4**. Titik lokasi rencana IPLT Gedebage memiliki nilai skor lokasi tertinggi yaitu 395, diikuti dengan titik lokasi rencana IPLT Cinambo dan Andir dengan skor lokasi yang sama yaitu 345.

Tabel 4. Karakteristik kelayakan lokasi IPLT Gedebage, IPLT Cinambo, dan IPLT Andir berdasarkan subkriteria yang digunakan dalam pemetaan lokasi IPLT.

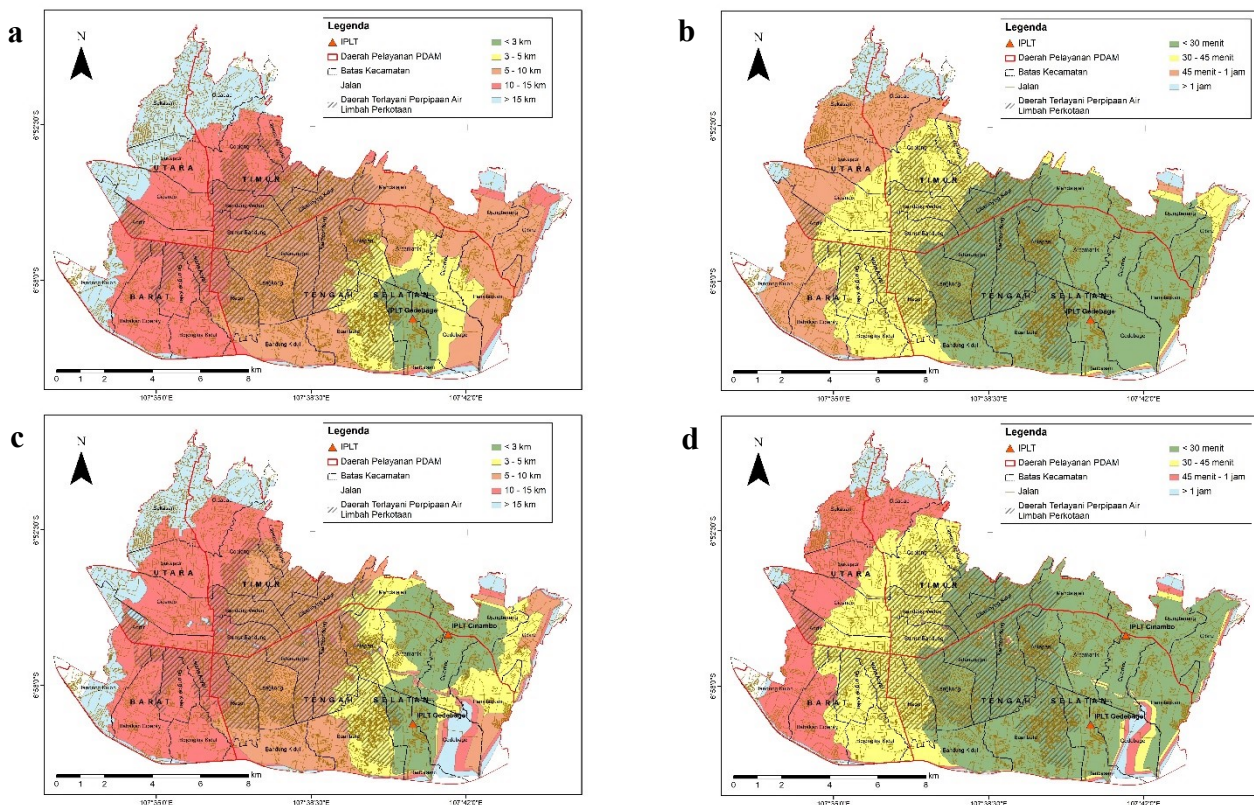
Subkriteria	IPLT Gedebage	IPLT Cinambo	IPLT Andir
Skor lokasi	395	345	345
Ketersediaan luas lahan (m ²)	±30.000	±20.000	±12.000
Kemiringan lahan	< 3%	3-7%	3-7%
Jarak ke badan air penerima	< 3 km	< 3 km	< 3 km
Jenis tanah	Lempung	Lempung	Lempung
Berada di lokasi banjir	Tidak	Tidak	Tidak
Jalan akses	Kecil dan melalui permukiman	Besar dan tidak melalui permukiman	Besar dan tidak melalui permukiman
Tata guna lahan	Pertanian	Pertanian	Lahan kosong
Kesesuaian dengan Masterplan	Ya	Tidak	Tidak
Zona Nilai Tanah (ZNT)	Rp2.000.000– Rp5.000.000	Rp5.000.000– Rp10.000.000	Rp5.000.000– Rp10.000.000

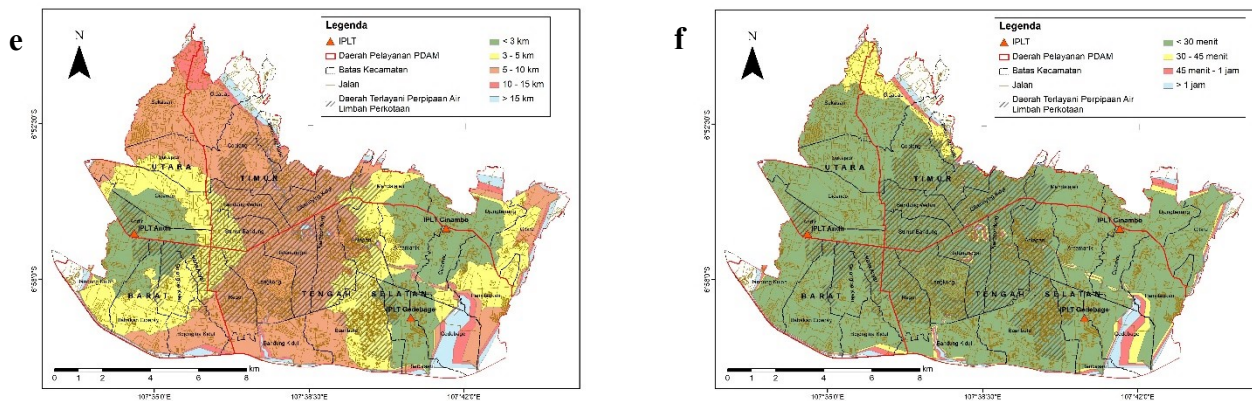


Gambar 3. Peta kelayakan lokasi IPLT berdasarkan hasil *intersect* delapan subkriteria

Optimasi Cakupan Layanan IPLT

Optimasi cakupan layanan dilakukan dengan mengembangkan beberapa skenario dengan jumlah IPLT dan lokasi IPLT tertentu, kemudian membandingkan jarak dan waktu tempuh, serta persentase daerah terlayani untuk masing-masing lokasi IPLT pada setiap skenario yang disajikan dalam bentuk peta cakupan layanan IPLT. Optimasi cakupan layanan IPLT di Kota Bandung dilakukan dengan mengembangkan 3 skenario pelayanan yaitu Skenario A dengan menggunakan 1 IPLT yaitu IPLT Gedebage, Skenario B dengan menggunakan 2 IPLT yaitu IPLT Gedebage dan IPLT Cinambo, dan Skenario C dengan menggunakan 3 IPLT yaitu IPLT Gedebage, IPLT Cinambo, dan IPLT Andir. Analisis jaringan terhadap subkriteria jarak dan waktu tempuh IPLT ke titik lokasi pelayanan terjauh untuk masing-masing skenario ditunjukkan pada **Gambar 4**. Pada ketiga skenario diketahui bahwa jarak tempuh terdekat dan waktu tempuh tercepat terjadi pada Skenario C dengan skor cakupan layanan terbesar. Hasil analisis jaringan untuk masing-masing skenario disajikan pada **Tabel 5**. Skor akhir pada **Tabel 5** merupakan skor yang telah mengakomodasi delapan subkriteria dalam penentuan lokasi IPLT dan dua subkriteria dalam optimasi cakupan layanan IPLT. Berdasarkan subkriteria jarak dan waktu tempuh IPLT ke wilayah pelayanan terjauh diperoleh bahwa skenario C mendapatkan skor akhir tertinggi yakni 369-437 dan diikuti oleh skenario B dan A dengan skor akhir 354-413 dan 404 serta seluruh lokasi IPLT pada setiap skenario layak karena dapat memenuhi kebutuhan luas untuk melayani cakupan layanannya.





Gambar 4. Peta cakupan layanan menurut jarak dan waktu pada masing-masing skenario yaitu Skenario A menurut jarak (a) dan waktu (b), pada Skenario B menurut jarak (c) dan waktu (d), dan pada Skenario C menurut jarak (e) dan waktu (f).

Tabel 5. Hasil analisa jaringan untuk masing-masing skenario menurut jarak tempuh, waktu tempuh, dan cakupan layanan IPLT.

Lokasi IPLT	Jarak tempuh terjauh (km)	Waktu tempuh terlama (menit)	Cakupan layanan (%)	Kebutuhan luas lahan (m ²)	Skor lokasi	Skor cakupan layanan	Skor akhir
Skenario A							
Gedebage	23,65	78,29	100	26.400	395	9	404
Skenario B							
Gedebage	16,70	56,29	34,91	9.600	395	18	413
Cinambo	21,59	75,38	65,09	17.600	345	9	354
Skenario C							
Gedebage	9,09	29,98	18,44	5.600	395	42	437
Cinambo	9,20	32,50	35,89	9.600	345	36	381
Andir	14,00	45,84	45,67	12.000	345	24	369

KESIMPULAN

Penentuan lokasi yang tepat bagi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) memiliki peran yang sangat penting dalam upaya meningkatkan akses sanitasi, mengoptimalkan lumpur tinja yang masuk ke IPLT, dan mencegah terjadinya pembuangan lumpur tinja secara illegal akibat lokasi IPLT yang tidak terjangkau. Hasil identifikasi terhadap aspek-aspek pemilihan lokasi IPLT menyarankan bahwa 12 subkriteria dalam kriteria teknis, 4 subkriteria dalam kriteria regulasi dan kebijakan, 2 subkriteria dalam kriteria keuangan, dan 4 subkriteria dalam kriteria penerimaan masyarakat perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi IPLT. Sistem Informasi Geografis (SIG) telah berhasil memetakan lokasi IPLT yang mengakomodasi 10 subkriteria dalam penentuan lokasi dan optimasi cakupan layanan IPLT di Kota Bandung untuk melayani 12.089,8 Ha wilayah yang belum terlayani oleh sistem perpipaan air limbah. Cakupan layanan optimum diperoleh dengan menempatkan 3 lokasi IPLT yang tersebar di Kecamatan Gedebage, Kecamatan Cinambo, dan Kecamatan Andir dengan total kebutuhan luas area 26.400 m² untuk melayani timbulan lumpur tinja hingga proyeksi tahun 2041.

Cakupan layanan optimum diperoleh berdasarkan subkriteria jarak terdekat dan waktu tempuh tercepat dari lokasi IPLT ke daerah pelayanan terjauh dengan jarak tempuh 9,09-14,00 Km dan waktu tempuh 29,98-45,84 menit.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini didukung oleh “Global Sanitation Graduate School” yang didanai the Bill & Melinda Gates Foundation (OPP1192599) dan dikelola oleh IHE Delft Institute for Water Education. Penelitian ini juga didukung oleh Hibah Penelitian P3MI ITB 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Abfertiawan, M. S., Ghazali, I., Al-Wahad, T. W., Hakim, M. F., Pahilda, W. R., & Pratama, R. P. (2018). *Septage Management: Situation Analysis and Bussiness Model Assessment in Urban Areas of Indonesia*. Institute for Global Environmental Strategies & Ganeca Environmental Services.
- Aspirant, N. G. P., Panchayats, G., Resource, K., & Krcs, C. (2010). *A Rapid Assessment of Septage Management in Asia: Policies and Pratices in India, Indonesia, Malaysia, the Phillippines, Sri Lanka, Thailand, and Vietnam*. January, 0–32. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4868.3602>
- Bassan, M., & Robbins, D. M. (2014). *Operation, Maintenance and Monitoring of Faecal Sludge Treatment Plant* (p. 233). https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/Book/FSM_Ch11_lowres.pdf
- Daniyal, A., Wijaya, A. P., & Nugraha, A. L. (2017). ANALISIS PENENTUAN LOKASI DAN RUTE TPA BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KABUPATEN DEMAK. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 79–88.
- Harada, H., & Strande, L. (2016). Challenges and Opportunities of Faecal Sludge Management for Global Sanitation. In *Towards Future Earth: Challenges and Progress of Global Environmental Studies* (Issue May 2019, pp. 81–100).
- Jajac, N., Marović, I., Rogulj, K., & Kilić, J. (2019). Decision support concept to selection of wastewater treatment plant location-the case study of Town of Kutina, Croatia. *Water (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/w11040717>
- Kementerian PUPR. (2017a). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)* (1st ed.).
- Kementerian PUPR. (2017b). Perencanaan Jaringan Jalan dan Perencanaan Teknis Terkait Pengadaaan Tanah. In *Perencanaan dan Persiapan Pengadaan Tanah Untuk Pembangunan Jalan*.
- Novandi, E. R., Aswad, Y., Transportasi, B. S., Sipil, D. T., & Usu, F. T. (2010). *Studi manajemen perlintasan sebidang jalan raya dengan jalan kereta api*. Universitas Sumatera Utara.
- Oktarina, D., & Haki, H. (2013). Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus : IPLT Sukawinatan). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1, 74–79.
- Pratiwi, Y. (2019). *Analisis kebutuhan instalasi pengolahan lumpur tinja (iplt) di kabupaten blitar*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Samsuhadi. (2012). Tata Cara Pemilihan Lokasi IPLT dan IPAL dengan Menggunakan Sistem Skor. *Teknik Lingkungan*, ISSN 1441-318X, 157–168.
- Schoebitz, L., Bischoff, F., Lohri, C. R., Niwagaba, C. B., Siber, R., & Strande, L. (2017). GIS analysis and optimisation of faecal sludge logistics at City-Wide Scale in Kampala, Uganda. *Sustainability (Switzerland)*, 9(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su9020194>
- Taylor, K. (2018). Faecal Sludge and Septage Treatment A Guide for Low and Middle Income Countries. In *Faecal Sludge and Septage Treatment*. <https://doi.org/10.3362/9781780449869>

Zulfi, H., Syafrudin, S., & Sunarsih, S. (2018). An Overview of the Fecal Waste Management City of Surabaya: Challenges and Opportunities to Improve Services. *E3S Web of Conferences*, 73. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187307011>