

Penerapan Green Infrastructure pada Rancangan Lanskap di Jakarta International Stadium

Implementation of Green Infrastructure in Landscape Design at

Jakarta International Stadium

Pawitra Sari¹, Desta Bomo Promesetiyo²

¹Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

²Magister Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

¹pawitra.sari@pelitabangsa.ac.id

Abstract

Landscape design that does not pay attention to the environment is one of the negative impacts that can make a bad contribution and cause problems such as standing water on the road surface and even flooding. It is hoped that environmentally friendly landscape design with the implementation of green infrastructure can solve challenges in development based on appropriate land use. Jakarta International Stadium (JIS) is a stadium building that has a zero runoff concept. One assessment that can be used as a guide in green infrastructure is stormwater management. The method used is qualitative with case studies and literature reviews to analyze the implementation of green infrastructure in landscape design. The results show that JIS has implemented green infrastructure based on 1) circulation patterns, 2) selection of hardscape materials, and 3) site landscaping. The visual form of the circulation pattern is that it curves or bends to follow the contour and elevation of the land so that rainwater runoff on the hardscape is directed to the softscape and infrastructure. The zero runoff concept is implemented in infrastructure by using infiltration wells, raw water tanks, modular tanks, and water retention. Selection of hardscape materials by implementing green infrastructure, namely cast concrete and natural stone. Softscape in the landscape design is 40% of the JIS land area.

Keywords: *Environment, Green Infrastructure, Landscape Design, Zero Runoff*

Abstrak

Rancangan lanskap dengan tidak memperhatikan lingkungan adalah salah satu dampak negatif yang dapat memberikan kontribusi buruk sehingga menimbulkan permasalahan seperti genangan air pada permukaan jalan, bahkan banjir. Rancangan lanskap berwawasan lingkungan dengan penerapan *green infrastructure* diharapkan dapat menyelesaikan tantangan pembangunan berbasis tepat guna lahan. Jakarta International Stadium (JIS) merupakan bangunan stadion yang memiliki konsep *zero runoff*. Salah satu penilaian yang dapat digunakan sebagai panduan dalam *green infrastructure* adalah manajemen air hujan. Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan studi kasus dan literature review untuk menganalisis penerapan *green infrastructure* pada rancangan lanskap. Hasil menunjukkan bahwa JIS telah menerapkan *green infrastructure* berdasarkan 1) pola sirkulasi, 2) pemilihan material *hardscape*, dan 3) lanskap pada lahan. Pola sirkulasi memiliki bentuk secara visual adalah berkelok atau meliuk mengikuti kontur dan elevasi tanah sehingga limpasan air hujan di *hardscape* diarahkan ke *softscape* dan infrastruktur. Konsep *zero runoff* diterapkan dalam infrastruktur dengan menggunakan sumur resapan, tangki air baku, modular tank, dan danau retensi. Pemilihan material *hardscape* dengan menerapkan *green infrastructure*, yaitu cor beton dan batu alam. *Softscape* dalam rancangan lanskap sebesar 40% dari luas lahan JIS.

Kata kunci: *Green Infrastructure, Lingkungan, Rancangan Lanskap, Zero Runoff*

Pendahuluan

Rancangan lanskap berwawasan lingkungan merupakan salah satu contoh dalam penerapan *green infrastructure* yang memperhatikan perilaku hidup manusia dengan keseimbangan alam. Ketidakseimbangan lingkungan memberikan dampak buruk yang terjadi akibat perilaku manusia sebagai pengguna seperti di kota-kota besar. Salah satunya adalah Jakarta sebagai Ibu Kota Negara Indonesia mengalami perubahan signifikan pada lingkungannya. Jakarta dalam tata kotanya memiliki tantangan besar untuk mengatasi dampak buruk lingkungan, termasuk mengatasi genangan air sampai banjir. Penerapan *green infrastructure* menjadi solusi tepat untuk menyelesaikan permasalahan dan isu yang diangkat dalam penelitian ini. Penggunaan material dalam rancangan lanskap turut mendukung penerapan *green infrastructure*. Material lanskap dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu material keras (*hardscape*) dan material lunak (*softscape*) [1]. Berdasarkan karakter elemen taman dibedakan menjadi material lunak (*softscape*) terdiri dari tanaman dan satwa yang sudah secara alami terdapat lahan maupun elemen yang secara sengaja diadakan pada lanskap [2]. Material keras (*hard material*) meliputi semua elemen lanskap yang memiliki sifat bahan yang padat dan merupakan benda mati, diantaranya tanah, metal, batuan, beton, aspal, jalan setapak, pagar, bangunan, dinding, dan bangunan rumah [3].

Green infrastructure atau infrastruktur hijau merupakan suatu rangkaian jaringan yang saling terhubung antara komponen alami dan buatan sehingga menciptakan siklus tersendiri, menunjang kehidupan manusia di kota secara alami dan berkesinambungan [4]. Implementasi infrastruktur hijau dijabarkan dalam pola pemanfaatan ruang [5]. Prinsip dasar dalam pengembangan infrastruktur hijau berdasarkan ilmiah pada teori dan praktek dari perencanaan ruang dan berfungsi sebagai kerangka untuk kawasan budidaya dan lindung dalam penataan ruang [6]. Peristiwa banjir yang kerap melanda Jakarta merupakan dampak dari limpasan air hujan yang tidak dapat ditangani secara tepat. Air hujan dari lahan bangunan terbuang ke saluran kota hingga mengakibatkan banjir. Sistem drainase kota tidak mampu mengakomodir dan tidak terintegrasi dengan site/ tapak bangunan, dan penanganannya tidak dilakukan dengan tepat dan cepat. *Runoff* terjadi apabila tanah tidak mampu lagi menginfiltrasikan air di permukaan tanah karena tanah sudah dalam keadaan jenuh, selain itu juga dapat terjadi apabila hujan jatuh di permukaan yang bersifat *impermeable* seperti beton, aspal, keramik, dan lain-lain [7]. *Zero runoff system* merupakan konsep pengelolaan sumber daya air dengan cara menahan atau menampung limpasan permukaan yang terjadi di permukaan atau di dalam tanah [8]. Penerapan *green infrastructure* melalui rancangan lanskap berwawasan lingkungan diharapkan dapat menyelesaikan tantangan pembangunan berbasis tepat guna lahan.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum yaitu nomor 12/PRT/M/2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan (perencanaan drainase perkotaan yang berbasis ramah lingkungan) dan nomor 11/PRT/M/2014 tentang pemanfaatan (pengelolaan) air hujan untuk gedung dan pekarangannya. Substansi tersebut dapat menjelaskan bahwa tiap-tiap bangunan gedung agar melakukan perencanaan tepat guna lahan sehingga memberikan kontribusi pada limpasan air hujan secara tidak langsung terbuang ke saluran kota (merencanakan manajemen air hujan) yang dapat mengakibatkan banjir. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah memulainya dengan mengubah konsep sejumlah infrastruktur menjadi infrastruktur hijau yang sekaligus mendorong pihak swasta untuk mengimplementasikan Peraturan Gubernur tentang Infrastruktur Hijau, meliputi Ruang Terbuka Hijau (RTH), Bangunan Hijau, Transportasi Hijau, dan Sistem Pengelolaan Air. Dalam mewujudkan konsep *green infrastructure* adalah melalui sistem pengelolaan air yang berkelanjutan sehingga dapat membantu mengurangi risiko banjir, mulai dari perencanaan, pembangunan, pemeliharaan, hingga dekonstruksi. Persyaratan teknis pelaksanaan *green infrastructure* meliputi manajemen air hujan, pengelolaan lahan serta efisiensi pada saat konstruksi berjalan. Dengan menerapkan konsep *green infrastructure* diharapkan lanskap bangunan dapat meminimalisir dampak kerusakan lingkungan dan sekitar (*insite-outsites*).

Wujud infrastruktur hijau dengan bentuk yaitu area (*hubs*) dalam penelitian ini melalui *site development* pada studi kasus bangunan stadion, Jakarta International Stadium (JIS). JIS menerapkan *green infrastructure* pada

konsep *zero runoff*. Bangunan yang dipergunakan sebagai tempat dan fasilitas olahraga memiliki konsep *green infrastructure* sehingga menciptakan lanskap berwawasan lingkungan untuk mengatasi *global warming*. Dalam material lanskap, yaitu *hardscape* merupakan komponen penting dalam infrastruktur JIS. Sifat fisik solid pada *hardscape* sangat membantu manusia dalam kegiatan sehari-hari, seperti aksesibilitas dan tempat parkir. Aksesibilitas tersebut adalah sirkulasi sebagai penghubung dari jalan utama menuju area parkir. Sirkulasi ruang luar juga membantu dalam mewujudkan *green infrastructure*. Area parkir berada dalam dan luar bangunan stadion namun masih dalam lanskap JIS. Dengan menerapkan konsep *zero runoff* sehingga *hardscape* pada desain dan materialnya harus mampu meresapkan air hujan masuk kedalam tanah atau dengan penampungan air. Mekanisme *zero runoff* membuat air hujan tidak menggenangi permukaan jalan hingga membanjiri stadion. *Hardscape* atau perkerasan, sebagai penutup/*finishing*, yang masuk dalam kategori benda mati atau abiotik, sehingga dibutuhkan perancangan dan perhitungan resapan air. Oleh karenanya, pemilihan material perkerasan harus terintegrasi dan sistematis dalam suatu lanskap.

Ada keterkaitan antara konsep *zero runoff* dengan *hardscape* dan pola sirkulasi pada lanskap di JIS. Penggunaan bahan konstruksi yang stabil, tahan lama, dan perawatan yang mudah (*low maintenance*), namun ramah lingkungan juga harus diterapkan dalam *green infrastructure*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penerapan *green infrastructure* pada rancangan lanskap di JIS turut mendukung dalam tepat guna lahan sehingga juga dapat dipergunakan sebagai referensi dalam rancangan lanskap. Hal ini tentu memberikan pengaruh pada lokasi tapak yang perlu dijaga kelestariannya untuk keberlanjutan di masa akan datang. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran dan solusi terhadap permasalahan *green infrastructure* yang masih minim ditemukan, khususnya dalam penulisan karya ilmiah. JIS menjadi studi kasus bangunan yang dapat menjawab tantangan pembangunan terhadap kualitas lingkungan, sehingga perlu dijadikan permulaan agar dapat diikuti oleh bangunan umum lainnya. Terlebih saat ini Indonesia sedang gencar meningkatkan infrastruktur, namun pembangunannya tidak menerapkan *green infrastructure*. Untuk menciptakan rancangan lanskap yang aman dan nyaman, maka perlu memperhatikan desain keberlanjutan pada sirkulasi, material lanskap, dan vegetasi. Stadion dengan pengguna utama adalah penonton/supporter sepakbola merupakan tempat bagi mereka untuk menyaksikan pertandingan timnya dalam berlaga sangat perlu menerapkan desain keberlanjutan untuk mewujudkan tempat yang aman, nyaman, dan sehat.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kawasan Sunter, Kelurahan Papango, Kecamatan Tanjung Priok, Jakarta Utara (Gambar 1). Obyek penelitian merupakan bangunan berfungsi sebagai stadion berstandar Federation Internationale de Football Association (FIFA) dengan kapasitas 82.000 penonton. Stadion ini telah usai dibangun pada bulan Juni tahun 2022 dan tahun 2023 dalam masa pemeliharaan selama 1 tahun. Dalam instrumen penelitian berupa pengumpulan data, kunjungan lapang, wawancara, dan literatur.



Gambar 1. Lokasi Jakarta International Stadium

Pengumpulan data dan kunjungan lapang dilakukan dengan pendekatan deskriptif yang memfokuskan pada teknik survei dan literatur (sumber yang ada) sebagai sumber data primer. Pada tahap ini dilakukan *cross-check* dengan wawancara sebagai sumber data sekunder. Wawancara dilakukan kepada informan secara langsung yang memiliki keahlian di bidang arsitektur lanskap. Merujuk keahlian di bidang tersebut bertujuan untuk menggali informasi sebagai pengujian validitas isi instrumen penelitian.

Penentuan desain penelitian diawali dengan pemahaman tentang metode analisis yang akan diambil. Dalam penelitian ini menggunakan metode studi kasus yaitu Jakarta International Stadium dan metode literature review. Metode studi kasus adalah studi tentang objek penelitian yang dalam hal ini adalah bangunan berfungsi sebagai tempat atau fasilitas olahraga, khususnya sepak bola. Dengan studi kasus, penelitian ini dapat menggunakan pada situasi dan kondisi aktual. Peneliti memiliki kesempatan untuk melakukan serangkaian pengamatan dari tahap awal hingga mendapatkan benang merah. Metode literature review mencakup *green infrastructure* dengan konsep *zero runoff* sebagai acuan. Salah satu penilaian yang dapat digunakan sebagai panduan dalam *green infrastructure* adalah manajemen air hujan dari pola sirkulasi, pemilihan material keras (*hardscape*), dan lanskap pada lahan (*site landscaping*).

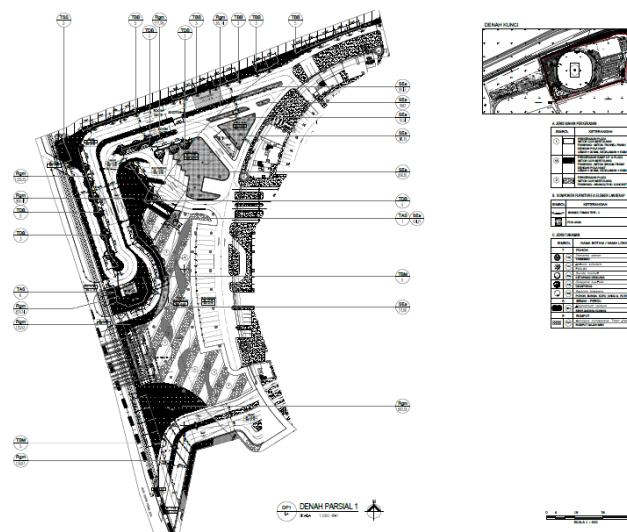
Tahapan penelitian ini, yaitu 1) Pengumpulan kajian pustaka atau literatur yang berkaitan dengan *green infrastructure*; 2) Pengumpulan data dan temuan aktual atau fakta di obyek penelitian, yaitu Jakarta International Stadium; 3) Perbandingan obyek penelitian dengan kajian pustaka, referensi yang relevan, dan jurnal; 4) Analisis data sebagai penggarapan/pengolahan data dan hasil dari pengolahan data dianalisis untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya; dan 5) Penarikan kesimpulan yang didalamnya memuat ide gagasan dari hasil dan pembahasan. Pada tahap teknik analisis data dengan memfokuskan pada rancangan lanskap yang menerapkan *green infrastructure*. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis data dilakukan secara kualitatif bersifat deskriptif. Metode yang digunakan adalah studi literatur untuk menganalisis bangunan dijadikan sebagai kebutuhan penelitian. Literatur adalah sebagai data primer yang berasal dari buku, jurnal, artikel, laporan penelitian seperti tesis, situs internet, dan sumber lainnya. Data yang didapatkan kemudian dianalisis dan diolah lalu dijabarkan sebagai hasil penelitian.

Hasil dan Pembahasan

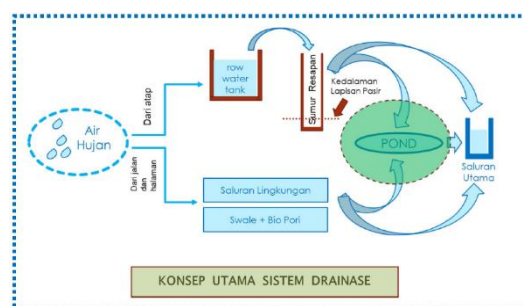
JIS merupakan salah satu stadion di Indonesia dengan inovasi baru dalam mengakses ke bangunan stadion. Sistem *e-ticketing* diterapkan bagi yang memasuki bangunan stadion secara *online* untuk mendapatkan bangku atau kursi penonton. Sistem *e-ticketing* akan terkoneksi dan terintegrasi dengan seluruh *gate* sehingga tercapainya aksesibilitas komunitas (*community accesibility*). JIS memberikan pilihan akses pejalan kaki yang aman dan nyaman (*pedestrian-friendly walking paths*). Pada sirkulasi pejalan kakinya, di JIS memberikan peneduh dengan menyediakan penghijauan dalam rancangan lanskapnya. Fasilitas sepeda (*bicycle facility*), yaitu menyediakan parkir sepeda dengan kapasitas 100 sepeda, 10 shower bagi pengguna sepeda, dan jalur sepeda sampai pada signage. JIS menerapkan jalur terpisah bagi pengguna sepeda dengan pengguna lainnya, yaitu mobil dan bus untuk mencegah terjadinya kecelakaan. Jalur ini terintegrasi dari gerbang masuk (*entrance gate*) sampai pada parkir sepeda dan gerbang keluar (*exit gate*). Rute sepeda dilengkapi dengan marka jalan pada *hardscape* bermaterial cor beton. Marka ini adalah cat thermoplastic yang diaplikasikan dengan alat khusus agar menghasilkan garis yang presisi (lurus). Cat ini berwarna putih bertujuan agar terlihat ketika gelap atau di malam hari atau pada saat hujan. Setiap pertemuan dengan jalur lainnya seperti kendaraan mobil dan bus dilengkapi dengan signage. Ketepatan pada jarak pandang signage di JIS dapat mencegah terjadinya kerumunan atau penumpukan penonton di satu titik sehingga penonton lebih cepat dengan mudah dalam memutuskan pergerakan [9].

Dalam pencapaiannya menuju bangku atau kursi penonton kedalam stadion, dapat diakses dengan cara berjalan kaki melalui ramp barat, sepeda, kendaraan mobil dan bus. Sirkulasi kendaraan menuju tempat

parkir berada dalam dan luar bangunan stadion memiliki pola berkelok atau meliuk mengikuti kontur dan elevasi tanah dalam rancangan lanskapnya (Gambar 2). Ada perbedaan elevasi dari jalan menuju ke tempat parkir stadion, yaitu $\pm 1\text{m}$ yang bertujuan agar limpasan air hujan tidak menggenangi lanskap JIS terutama pada permukaan jalan. Pola sirkulasi ini bersifat tidak langsung (*indirect*) juga mengadopsi bentuk gubahan massa stadion (bulat) dan mengoptimalkan fungsi ruang luar pada lanskap JIS. Upaya penanganan genangan berupa rehabilitasi saluran beserta pembuatan lubang resapan dan pengoptimalan kolam retensi eksisting dengan merehabilitasi pompa air [10]. JIS mengimplementasikan pelebaran dan pendalaman saluran beserta lubang resapan, dan teknologi magna tank untuk mengoptimalkan kapasitas tampungan pada danau retensi yang terletak di timur stadion. Penerapan *green infrastructure* adalah manajemen air hujan (*stormwater management*). Skematik pengelolaan hujan dalam lanskap Jakarta International Stadium dimana air hujan yang jatuh dari atap bangunan JIS dan lanskap JIS ditampung ke Raw Water Tank (RWT) dan saluran lingkungan, *swale* (*water retention*) hybrid bio pori, dari RWT didistribusikan ke sumur resapan yang dilengkapi dengan lapisan pasir di kedalamannya kemudian masuk ke danau retensi, sedangkan dari saluran lingkungan, *swale* (*water retention*) hybrid bio pori didistribusikan langsung masuk ke danau retensi, dan keduanya masuk menuju saluran utama (Gambar 3).



Gambar 2. Pola Sirkulasi Bentuk Berkelok atau Meliuk Jakarta International Stadium



Gambar 3. Skematik Pengelolaan Hujan dalam Kawasan Jakarta International Stadium

Jenis penutup lahan di JIS adalah material keras (*hardscape*) dan material lunak (*softscape*), yaitu perkerasan jalan dan plaza berupa cor beton, batu andesit, infrastruktur drainase, lahan hijau, dan danau retensi (Tabel 1). Jenis penutup lahan memiliki nilai koefisien (*c*) limpasan (*runoff*) 0,95. Limpasan air hujan yang jatuh di *hardscape* diarahkan ke *softscape* dan infrastruktur yang ada dalam rancangan JIS. Konsep *zero runoff* diterapkan dengan jenis penanganannya menggunakan sumur resapan, tangki air baku, modular tank, dan danau retensi.

Pemilihan material keras adalah cor beton dan batu alam (Gambar 4). *Hardscape* pada jalur pedestrian di sisi barat, terdapat ramp dengan kemiringan 1:12 dan dilengkapi dengan *railing* untuk difabel. Jalur pedestrian juga dilengkapi dengan kansten pada tepian yang bersinggungan dengan jalur kendaraan serta disediakan *guiding blocks* (ubin pemandu) untuk difabel. Kesesuaian desain *hardscape* di lanskap JIS terhadap standar aksesibilitas difabel sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia nomor 14/PRT/M/2017 tentang persyaratan kemudahan bangunan gedung. Penggunaan berbagai material untuk menghindari efek *heat island* pada area perkerasan *non-atap* sehingga nilai albedo (daya refleksi panas matahari) minimum 0,3 sesuai dengan perhitungan [11]. Material pada area perkerasan *non-atap* menggunakan batu andesit batu muda, jalan beton, infrastruktur drainase, plaza beton, dan *concreate* dengan memperoleh nilai albedo sebesar 0,40. Kriteria material pelapis permukaan di JIS memberikan kontribusi dalam penerapan *green infrastructure* sehingga tercapainya kualitas iklim mikro. Iklim mikro atau *micro climate* dipengaruhi lingkungan, misalnya terhadap suhu udara, suhu tanah, kecepatan arah angin, intensitas penyinaran yang diterima oleh suatu permukaan, dan kelembaban udara [12].

Tabel 1. Perhitungan Jenis Penutup Lahan dalam *Green Infrastructure*

No	Jenis Penutup Lahan	Luas (m ²)	Nilai Koefisien (c)	I (mm)	V (liter)
1	Lahan Hijau	31.468,59	0,95	50	1.494.758,03
2	Perkerasan Jalan Cor Beton	23.063,38	0,95	50	1.095.510,55
3	Perkerasan Plaza Cor Beton	62.646,34	0,95	50	2.975.701,15
4	Batu Andesit Abu Muda	3.741,59	0,95	50	177.725,53
5	Infrastruktur Drainase	521,45	0,95	50	24768,88
6	Danau Retensi	2.481,40			



Gambar 4. Material pada *Hardscape* adalah Cor Beton dan Batu Alam pada Rancangan Lanskap Jakarta International Stadium

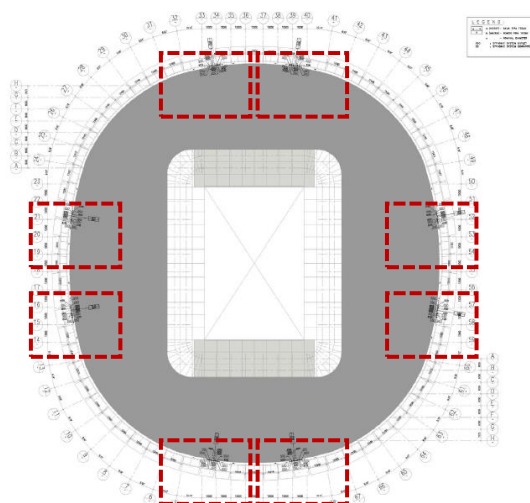
Pada *hardscape* di JIS tidak menggunakan material aspal, sementara metal diterapkan pada *turnstile* dan *shelter* bus (atap). Pada *softscape* di JIS menyediakan penghijauan, menggunakan kombinasi tanaman berupa pohon, perdu, semak, rumput, dan menggunakan tanaman lokal. Pada *hardscape* di JIS, pemilihan warna mendekati putih pada perkerasan atap dan jalan dan menggunakan material nilai albedo min 0.3 pada perkerasan atap dan *non-atap*. Pemilihan warna material bertujuan untuk meningkatkan kualitas iklim mikro di sekitar bangunan stadion yang mencakup kenyamanan manusia. Perkerasan pada permukaan jalan menggunakan beton finishing warna terang. Atap stadion menggunakan material aluminium sheet warna natural atau netral, ETFE transparan, dan PVDF. Demikian juga dalam pemilihan material batu andesit memiliki warna abu muda cenderung terang. Penerapan infrastruktur pada manajemen air limpasan hujan dengan sistem drainase adalah menerapkan teknologi yang inovatif untuk memenuhi tepat guna lahan dalam lanskapnya. Dalam infrastrukturnya, JIS juga menggunakan saluran air terbuka dan ada yang tertutup dengan *grill* besi (lubang saluran) untuk menambah tampungan air hujan. Hal ini bertujuan agar tidak mengganggu *hardscape* di JIS dimana limpasan air hujan bisa langsung mengarah ke tanaman (*softscape*). *Hardscape* dengan cor beton memiliki *sloping* 1% menuju ke *grill*. Penerapan *hardscape* yang kaku atau rigid untuk umur rencana panjang

dengan lapisan plat beton, lapis pondasi LMC, lapis drainase, dan sambungan [13]. Detail lapis perkerasan beton bertulang di JIS telah dianalisis, diperhitungkan hingga diuji untuk mencegah retak rambut, pecahnya beton, lubang pada permukaan jalan, hingga amblasnya jalan.

Jenis penanganan air hujan yaitu tangki air baku/ Raw Water Tank (RWT) berjumlah delapan dengan masing-masing RWT mampu menampung 149m^3 sehingga volume total adalah 1192m^3 . Pompa transfer menuju Ground Water Tank (GWT) masing-masing 4m^3 dikali 4m^3 sehingga volume total adalah 64m^3 . Kinerja RWT adalah 1192m^3 dijumlah 64m^3 menjadi 1256m^3 . Sumur resapan menggunakan perhitungan volume yaitu $1,7\text{m}^3$ dikali jumlah 77 volume total adalah $130,6\text{m}^3$. Kapasitas infiltrasi sumur adalah $8127,4\text{m}^3/4\text{jam}$. Kinerja sumu resapan adalah $130,6\text{m}^3$ ditambah $8127,4\text{m}^3/4\text{jam}$ menjadi 8258m^3 . Modular Tank memiliki kapasitas 700m^3 . Sumur resapan dalam memiliki jumlah 100 dikali $0,00733\text{m}^3$ menjadi $10555,2\text{m}^3/4\text{jam}$. Kolam resapan dengan sistem resapan adalah $118\text{m}^3/6\text{jam}$, sementara kolam resapan dengan sistem penampungan menggunakan perhitungan trapesium $2481,4\text{m}^3$. Dengan demikian, penerapan *green infrastructure* dengan konsep *zero runoff* mampu menerima beban air limpasan hujan $9491,43\text{m}^3$ (Tabel 2). *Stormwater management* bertujuan untuk mengurangi beban sistem drainase lingkungan dari kuantitas limpasan air hujan dengan sistem manajemen air hujan secara terpadu. Penggunaan teknologi-teknologi yang dapat mengurangi debit limpasan air hujan di JIS salah satunya adalah teknologi siphonic. Air hujan yang turun ke atap stadion dialirkan ke RWT menggunakan teknologi siphonic berjumlah delapan berada pada *slipform* (Gambar 5). Dengan teknologi siphonic yang diterapkan di JIS, air hujan yang turun dari atap dapat dialirkan secara maksimal sehingga antara bangunan dengan lanskap terintegrasi dengan baik dalam penerapan *green infrastructure*.

Tabel 2. Jenis Penanganan dalam *Green Infrastructure*

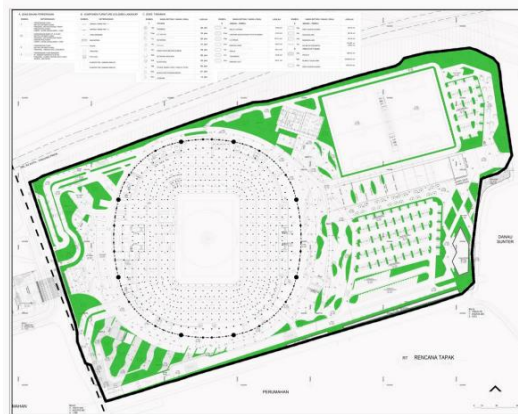
No	Jenis Penanganan	Volume (m^3)
1	Raw Water Tank	1.256,00
2	Sumur Resapan	8258,00
3	Modular Tank	700,00
4	Sumur Resapan Dalam	10.555,20
5	Kolam resapan – Sistem Resapan	118,00
6	Kolam resapan – Sistem Penampungan	2.481,40
Total Penanganan Air Limpasan Hujan		23.368,40
Total Beban Air Limpasan Hujan (m^3)		9.491,43



Gambar 5. Teknologi Siphonic berada pada Slipform

Kesesuaian *softscape* pada lahan lanskap sebagai upaya untuk menangani genangan hingga banjir pada lanskap JIS dengan konsep *zero runoff*. Penghijauan di JIS telah memenuhi kelayakan lanskap pada lahan (*site*

landscaping). Luas lahan hijau bebas perkerasan adalah 28.857,88m², artinya *softscape* memiliki luas diatas permukaan tanah 40% dari luas lahan di JIS (Gambar 6). Lahan hijau, atau Ruang Terbuka Hijau (RTH) adalah proporsi dan skala luasan dan kualitas dari RTH melalui penanaman pohon yang bervariasi untuk mengurangi emisi dari CO₂, menahan air hujan dan mencegah erosi, serta menjaga habitat satwa liar [14]. Pohon untuk menahan air hujan dan mencegah erosi mempunyai sifat pada akar tanaman yang dapat mengikat tanah sehingga tanah menjadi kokoh dan tahan terhadap pukulan air hujan yang jatuh secara tidak langsung ke permukaan air yang merujuk pada Peraturan Menteri PU 05/PRT/M/2012. Dalam suatu tata hijau dan pada daerah yang berkontur curam, material lunak/ tanaman memiliki fungsi dalam mencegah erosi (*erosion control*), [15]. Di JIS, tanaman (*softscape*) tersebut antara lain adalah Pohon Dadap Daun Belang Kuning (*Erythrina variegata*), Bakung Jawa (*Hymenocallis speciosa*), dan Bakung Laut (*Crinum asiaticum*) yang ditinjau dari perakarannya serta menyesuaikan kondisi lahan laut/pantai. Keanekaragaman material lunak (*softscape*) di JIS selain dari pepohonan juga terdapat perdu dan rumput yang memiliki fungsi dalam mengendalikan erosi tanah. Jenis rumput di JIS adalah Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*), sementara jenis perdu di JIS adalah Lantana (*Lantana sp.*). Fungsi *softscape* di JIS juga menerapkan konsep *zero runoff* sehingga air hujan langsung masuk meresap kedalam tanah tanpa mengganggu *hardscape*. Fungsi *site landscaping* dapat membantu dalam penerapan *green infrastructure*.



Gambar 6. Site Landscaping Jakarta International Stadium

Vegetasi memiliki fungsi penting guna mendukung ruang terbuka pada bangunan gedung terutama sebagai tempat dan wadah untuk kepentingan tertentu maupun publik. Kebutuhan akan ruang terbuka menjadi prioritas utama pada penyediaan fasilitas yang ada di ruang luar [16]. Dalam manajemen pengelolaan air hujan, selain dari penyerapan air hujan adalah penampungan air hujan untuk dimanfaatkan sebagai sumber air, yaitu penyiraman vegetasi yang berasal dari danau retensi. Keberadaan danau retensi di stadion juga berfungsi mencegah banjir dan juga konservasi air. Dalam rancangan lanskap JIS, danau retensi sebagai unsur air dalam arsitektur ekologi tidak menerapkan, seperti air mancur yang dapat membebani penggunaan daya listrik. Penggunaan vegetasi yang telah dibudidayakan secara lokal dalam skala provinsi, sebesar 60% luas tajuk dewasa terhadap luas area lanskap. Vegetasi tersebut adalah Pohon Trembesi (*Samanea saman*), Pohon Pulau (*Alstonia scholaris*), Pohon Atamimi (*Kigelia pinnata*), Pohon Ketapang (*Terminalia catappa*), Pohon Ketapang kencana (*Terminalia mantaly*), Pohon Diospyros (*Diospyros buxifolia*), Pohon Bunga Kupu-kupu (*Bauhinia blakeana*), Pohon Bunga Saputangan (*Maniltoa gemmiphara*), Pohon Cempaka (*Michellia campaka*), Melati Jepang (*Pseuderanthemum reticulatum*), Lili Brazil (*Dianela gold*), Aralia (*Osmoxylon lineare*), Tekomeria (*Tekomaria capensis*), dan lainnya. Kombinasi vegetasi ditanam secara bergerombol sebagai penghijauan yang bermanfaat untuk aset tapak, lingkungan, dan kota sehingga berperan dalam tepat guna lahan. Upaya penanganan genangan hingga banjir pada rancangan lanskap khususnya *softscape* sebagai solusi dalam menyelesaikan drainase yang berwawasan lingkungan berbasis *zero runoff*.

Kesimpulan

JIS telah menerapkan *green infrastructure* berdasarkan 1) pola sirkulasi, 2) pemilihan material *hardscape*, dan 3) lanskap pada lahan. Pola sirkulasi memiliki bentuk secara visual adalah berkelok atau meliuk mengikuti kontur dan elevasi tanah sehingga limpasan air hujan di *hardscape* diarahkan ke *softscape* dan infrastruktur. Pola sirkulasi ini bersifat tidak langsung (*indirect*) juga mengadopsi bentuk gubahan massa stadion (bulat) dan mengoptimalkan fungsi ruang luar pada lanskap JIS. Konsep *zero runoff* diterapkan dalam infrastruktur dengan jenis penanganannya menggunakan RWT/tangki air baku, sumur resapan, modular tank, dan danau retensi/kolam retensi. Penggunaan teknologi siphonic dapat mengurangi beban sistem drainase lingkungan dari kuantitas limpasan air hujan dengan sistem manajemen air hujan secara terpadu. Pemilihan material *hardscape* dengan menerapkan *green infrastructure*, yaitu cor beton dan batu alam (andesit). Material pelapis permukaan memiliki daya refleksi panas matahari untuk menghindari efek *heat island* sehingga tercapainya kualitas iklim mikro yang kontribusi dalam penerapan *green infrastructure*. *Softscape* dalam rancangan lanskap sebesar 40% dari luas lahan JIS. Rancangan kontur, penggunaan rumput dan pohon sebagai pencegah erosi untuk mempercepat air hujan langsung masuk meresap kedalam tanah tanpa mengganggu *hardscape*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada PT. Virama Karya (Persero) untuk pihak yang telah membantu dalam proses penelitian berupa informasi, data, dan foto sehingga terselesaikannya jurnal ini.

Daftar Rujukan

- [1] Rustam Hakim, "Komponen Perancangan Arsitektur Lanskap", Jakarta: Bumi Aksara, 2000.
- [2] Hamka, Suryo Tri Harjanto, and Adhi Widyarthara, "Kriteria Pemilihan Material *Softscape* dan *Hardscape* Lanskap Berkelanjutan untuk Rancangan Taman Merah Kampung Pelangi Kota Malang", *Jurnal Arsitektur PAWON*, vol. 01, no. 05, pp. 17–28, 2021.
- [3] Bambang Sulistyantara, "Taman Rumah Tinggal", Jakarta: Penebar Swadaya, 2002.
- [4] Verry Damayanti, "Potensi Pengembangan Infrastruktur Hijau dalam Upaya Mewujudkan Cimahi sebagai Kota Hijau Berkelanjutan", *Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Ethos*, vol. 07, no. 02, pp. 233–243, 2019.
- [5] Wang, Chen, and Yang. "Ecological Infrastructure as Powerful Instrument for Smart Conservation", 44th ISOCARP Congress, 2008.
- [6] Mark, Benedict, and Mc.Mahon, Edward, "Green Infrastructure Linking Landscape and Communities", Washington: Island Press, 2006.
- [7] Yanuar Chandra Wirasembada, Budi Indra Setiawan, and Satyanto Krido Saptomo, "Penerapan *Zero Runoff System (ZROS)* dan Efektivitas Penurunan Limpasan Permukaan pada Lahan Miring di DAS Cidanau, Banten, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 23, no. 02, pp. 102–112, 2017.
- [8] Y. Surdianto, "Analisis Kecukupan Air di Kebun Belimbing Manis", [disertasi], Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor, 2012.
- [9] Pawitra Sari, and Desta Bomo Bomo Promesetiyo, "Desain Wayfinding dalam Keterbacaan dan Pelaksanaan Studi Kasus Jakarta International Stadium", *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, vol. 12, no. 02, pp. 116–130, 2022.
- [10] A. Sultonulazkar, U. Andawayanti, and Sumiadi, "Analisis Sistem Drainase Jalan Raya Porong berbasis *Zero Run-Off* di Kabupaten Sidoarjo", *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 02, no. 02, pp. 40–52, 2022.
- [11] Green Building Council Indonesia, "Perangkat Penilaian Greenship, Greenship Rating Tools, Greenship untuk Bangunan Baru versi 1.2", 2013.
- [12] J. R. Holton, "An Introduction to Dynamic Meteorology". Burlington: Elsevier, 2014.
- [13] M. E. Andarini, and C. A. Prastyanto, "Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Cileunyi – Sumedang – Dawuan (Cisumdawu) STA 26+800 – STA 41+939 dengan Jenis Perkerasan Kaku", *Jurnal Teknik*, vol. 08, no. 02, pp. 129–134, 2019.
- [14] Surjana, and Ardiansyah, "Perancangan Arsitektur Ramah lingkungan: Pencapaian Rating Greenship GBCI", *Jurnal Arsitektur Bandar Lampung*, vol. 02, no. 03, pp. 1–14, 2013.
- [15] I. S. Hasim, B. S. Rizqan, R. P. L. P. Darel, and F. A. Abiel, "Rancangan Elemen, Sistem Sirkulasi, dan Tata Hijau Lanskap pada Lahan Kontur di Hotel Padma Bandung", *Jurnal Reka Karsa*, vol. 01, no.03, pp. 1–12, 2015.
- [16] H. Afyanita, and R. L. Kaswanto, "Evaluation of Urban Landscape Visual Quality Based on Social Media Trends in Bogor City", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 694, 2021.