



Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu pada Penggunaan Duct Spacer dengan Prefabricated dan Hollow Baja Ringan Untuk Pekerjaan Underground Ducting (Studi Kasus Pekerjaan Underground Ducting Untuk Instalasi Airfield Lighting System di Bandara Dhoho Kediri, Jawa Timur)

Ali Masrodin^{*1}, Albani Musyafa², Fitri Nugraheni³, Taufik Dwi Laksono⁴

^{1,2,3,4} Universitas Islam Indonesia, Indonesia

Abstract. *The Kediri Airport development project encountered challenges related to underground ducting work. The design of Kediri Airport adheres to international standards, which led to the use of materials not readily available in Indonesia, specifically pipes and duct spacers. Duct spacers are tools used to arrange ducting pipes according to their formation and prevent them from floating during concrete pouring due to buoyancy. The SKEP/114/VI/2002 serves as a reference for underground cable installation, involving direct burial of cables at a depth of 70 cm, covered with a 5 cm layer of sand above the cable surface. These two approaches significantly differ, necessitating problem-solving solutions. To address this issue, research was conducted to find suitable duct spacers in Indonesia. Two alternative materials were considered: PVC and lightweight hollow steel. The study compared costs and time associated with these materials. PVC duct spacers would be imported and be fabricated in Indonesia, while hollow steel duct spacers would be fabricated on-site. The research focused on three aspects: ducting work methods, duct spacer design, and cost-time analysis. Given tight installation spaces and busy schedules, duct spacers needed to be compact, simple, and adaptable to various pipe formations. The design for hollow steel duct spacers aimed for simplicity to reduce on-site construction work. However, care was taken to avoid potential injuries from exposed bolts on the hollow steel frame. The PVC duct spacer design utilized Polytam PF 1000 material, with a nominal shear strength of 399 kg and a nominal moment of 266 kg·cm—sufficient to withstand saturated soil loads up to 162 cm but not vehicular loads. Analyzing procurement time, PVC duct spacers from Indonesian manufacturers were the quickest, taking only 56 days due to no port clearance delays. The fastest completion time for the project was achieved using PVC duct spacers, taking 122 seconds—three times faster than hollow steel duct spacers. While lightweight steel was the most cost-effective option for on-site procurement, combining cost and time analysis favored PVC duct spacers. The minimal cost difference allowed for accelerated production, minimizing the risk of delays*

Keywords: *Ducting Works, Duct Spacer, Cost-Time Evaluation*

Abstrak. Proyek pembangunan Bandara Kediri mengalami permasalahan terkait pekerjaan ducting di bawah tanah. Desain Bandara Kediri menggunakan standar internasional, sehingga terdapat beberapa material yang tidak tersedia di Indonesia, yakni pipa dan duct spacer. Duct spacer adalah suatu alat yang digunakan untuk menyusun pipa ducting sesuai formasi pipa dan menahan pipa ducting terangkat yang diakibatkan gaya apung saat pengecoran. SKEP/114/VI/2002 menjadi acuan perencanaan kabel bawah tanah tersebut yaitu metode pemasangan langsung dengan kabel dibenamkan sedalam 70 cm, ditutup dengan pasit setebal 5 cm pada permukaan kabel. Dua hal tersebut sangat berbeda sehingga memerlukan solusi penyelesaian masalah. Penyelesaian masalah tersebut dapat dilakukan dengan melakukan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan duct spacer yang tepat-guna di Indonesia. Terdapat dua alternatif material duct spacer yakni material PVC dan hollow baja ringan. Penelitian ini akan membandingkan biaya dan waktu terhadap dua material tersebut. Duct spacer dengan material PVC akan didatangkan dari luar negeri dan produksi di Indonesia. Duct spacer dengan material hollow baja ringan dilakukan secara mandiri di lokasi proyek. Penelitian ini membahas tiga hal yakni metode pekerjaan ducting, desain ducting, dan analisis biaya-waktu. Metode kerja yang ada menggambarkan lokasi pemasangan yang sempit, jadwal pelaksanaan yang padat, dan terdapat beberapa formasi susunan pipa. Dengan demikian, duct spacer harus dibuat ringkas, sederhana, dan fleksibel terhadap tipe-tipe formasi susunan pipa. Desain duct spacer dengan material hollow baja ringan dibuat sederhana mungkin untuk mengurangi pekerjaan pembautan di lokasi proyek. Hal yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya tangan tergores baut-baut yang ada pada rangka hollow baja ringan. Desain duct spacer material PVC menggunakan material Polytam PF 1000. Duct spacer material PVC memiliki kuat geser nominal 399kg dan momen nominal 266 kg.cm atau dapat menahan beban tanah jenuh maksimal 162 cm tetapi tidak untuk menahan beban kendaraan. Hasil analisis waktu pengadaan duct spacer adalah pengadaan duct spacer PVC dari produsen di Indonesia yang paling cepat yakni 56 hari karena tidak memerlukan waktu clearance di pelabuhan. Hasil analisis waktu penyelesaian pekerjaan yang tercepat adalah penggunaan duct spacer PVC yakni 122 detik atau 3 kali lebih cepat daripada penggunaan duct spacer hollow baja ringan. Biaya pengadaan duct spacer hingga di lokasi proyek

Received Mei 25, 2024; Revised Juni 27, 2024; Accepted Juli 31 2024; Online Available Agustus 05, 2024;

paling murah adalah dengan baja ringan. Namun, jika melakukan analisis kombinasi antara biaya dan waktu maka penggunaan duct spacer PVC menjadi pilihan yang paling baik. Hal ini dikarenakan dengan biaya yang tidak terlampaui jauh, proses produksi dapat dipercepat sehingga dapat meminimalkan risiko keterlambatan.

Kata kunci: Evaluasi Biaya-Waktu, Duct Spacer, Pekerjaan Ducting

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Airside Main Contract Works for New Airport Development at Kediri East Java, Indonesia, selanjutnya disebut Proyek Bandara Kediri, berada di Kecamatan Sawah dan Bulu Sari, Kecamatan Grogol, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Pemilik Proyek ini adalah PT Surya Dhoho Investama, salah satu anak perusahaan PT Gudang Garam Tbk. Proyek ini dibangun mempunyai fungsi sebagai prasarana transportasi udara yang mencakup kawasan mulai dari Kabupaten Kediri, Tulungagung, Nganjuk dan Trenggalek, sehingga dapat memangkas perjalanan dari sebelumnya ke bandara Juanda Surabaya.

Pada Proyek Pembangunan Bandara Kediri, sisi udara (*airside*) meliputi pekerjaan *flexible pavement*, *rigid pavement*, drainase, penanaman rumput dan pekerjaan ducting untuk jalur instalasi kabel-kabel untuk lampu dan instrumen navigasi pesawat. Pekerjaan *ducting* adalah sebuah pekerjaan pembuatan jalur kabel, yang berupa Pipa PVC diameter 7inch (160mm) yang ditanam didalam tanah, kemudian diberikan proteksi berupa selimut beton bertulang atau pasir yang dipadatkan, kemudian ditimbun dengan material timbunan sesuai yang dipersyaratkan.

Perencanaan ducting di bawah tanah adalah pemilihan desain yang baik. Hal ini dikarenakan instalasi kabel bawah tanah (*direct buried*) lebih ekonomis daripada instalasi *above ground* yang menggunakan rak kabel (Hudha & Multi, 2019). Hal yang berbeda adalah konsultan perencana menggunakan standar internasional untuk ducting, dimana terlihat pada gambar *forcon (for construction)* nampak pipa-pipa ducting bawah tanah yang tersusun sedemikian rupa dengan jarak tertentu dengan *support material* yang di disebut *Position Frame* (ditunjukkan kotak biru). Kemudian, susunan pipa PVC akan diberikan selimut, baik dari pasir dipadatkan maupun dari beton bertulang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proyek Konstruksi

Menurut (Irika, 2020) “Proyek adalah kegiatan dengan tujuan yang jelas, waktu yang terbatas, dan biaya tertentu”. Menurut Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 2021, konstruksi adalah serangkaian kegiatan yang ditujukan untuk pembuatan, pemeliharaan, dan

pembongkaran bangunan yang sebagian dan/atau seluruhnya melekat pada barang tidak bergerak atau rumah yang melekat pada barang tidak bergerak. Peraturan tersebut mengatur bahwa konstruksi diselenggarakan sedemikian rupa untuk menghasilkan bangunan konstruksi yang kuat, andal, berdaya saing, bermutu tinggi, dan berkelanjutan.

Sistem Penerangan Bandar Udara (Airfield Lighting System)

Sistem Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*) adalah alat bantu pendaratan visual yang berfungsi membantu dan melayani pesawat udara yang melakukan tinggal landas, mendarat dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman. Fasilitas ini terdiri dari lampu-lampu khusus, yang memberikan isyarat dan informasi secara visual kepada penerbang, terutama pada waktu penerbang akan melakukan pendaratan atau tinggal landas.(Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2002).

Position Frame (*duct spacer*)

Pada pekerjaan pipa tanpa selimut beton menyatakan bahwa; ketika dua atau lebih saluran dipasang diparit yang sama tanpa selimut beton, jaraknya tidak kurang dari dua inci (diukur dari dinding luar ke dinding luar) dalam arah mendatar atau tidak kurang jaraknya kurang dari enam inci dalam arah vertikal.(CQ Press, 2020).

Prefabricated Position Frame (*duct spacer*)

Bentuk dan ukuran dari *Duct Spacer* beraneka ragam menyesuaikan ukuran dan jarak yang dibutuhkan. Meskipun demikian, *Duct Spacer* terbuat dari bahan plastik atau PVC dengan ketebalan tertentu. Setiap pabrikan juga memiliki bentuk yang beraneka ragam dan memiliki sistem sambungan yang beraneka ragam juga.

Conventional Position Frame (*duct spacer*)

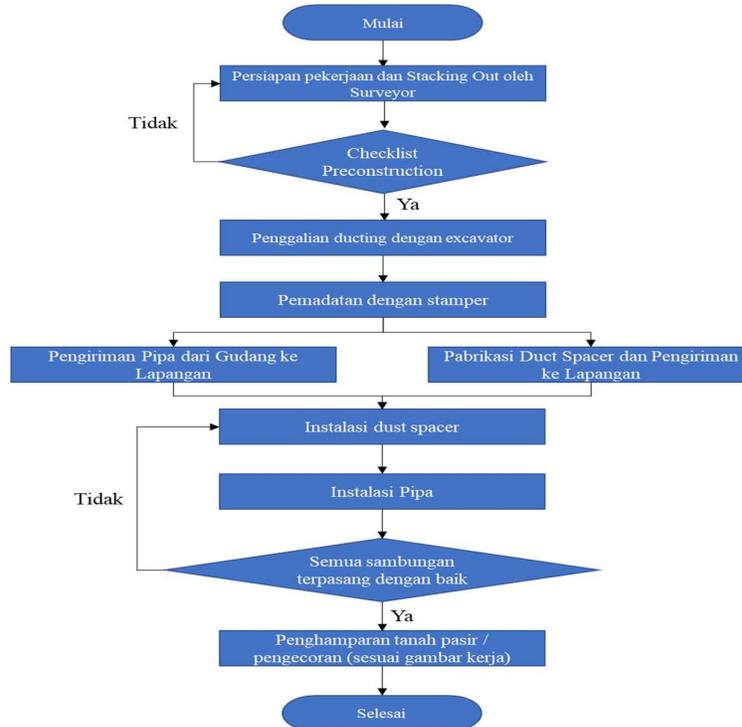
Duct spacer konvensional merupakan duct spacer yang umum dijumpai di pekerjaan-pekerjaan pipa dengan pembungkus beton. Duct spacer ini menggunakan material seperti baja ringan atau besi tulangan. Fungsi duct spacer konvensional sama seperti duct spacer prefabricated. Hal yang membedakan adalah pembuatan duct spacer konvensional dapat dilakukan di workshop secara swadaya atau mandiri, karena umumnya mudah dibuat dan material mudah ditemukan di pasaran atau toko bangunan terdekat.

Analisis Biaya Pekerjaan

Analisis biaya pekerjaan adalah proses yang sistematis untuk mengidentifikasi, menghitung, dan mengevaluasi semua biaya yang terkait dengan pelaksanaan suatu proyek konstruksi atau pekerjaan. Tujuannya adalah untuk menghasilkan perkiraan biaya yang akurat dan terinci untuk memungkinkan perencanaan anggaran yang tepat, pengendalian biaya yang efektif, dan pengambilan keputusan yang informatif selama seluruh siklus proyek.

1. Pipa PVC diameter (in) Ø16cm, (out) Ø17cm- AW class (minimum tensile strength 500 kg/cm², impact strength 5 kg/cm², supplied in standard 6 m lengths)
2. Graded sand of ducting (as specified in ASTM D 2487)
3. Concrete f_c' 20 MPa
4. Positioning frame use Duct pipe spacer, material: Plastic, thickness = 2 mm
5. Warning tape 150 micron 250mm width (indicative)

Berikut ini adalah flowchart terkait metode kerja pembuatan ducting dengan duct spacer di Bandara Kediri yang ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Flowchart Pekerjaan Ducting

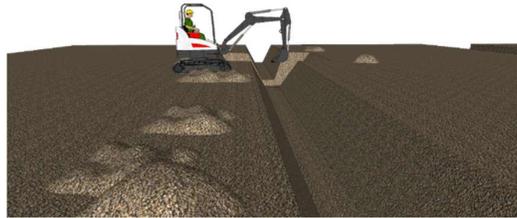
Berikut ini adalah penjelasan metode kerja yang ditunjukkan pada Gambar 2
Flowchart Pekerjaan Ducting:

1. Melakukan persiapan pekerjaan yang meliputi izin kerja, jadwal pekerjaan, dan dokumen HSE. Melakukan pekerjaan survei yang meliputi stake out lokasi pekerjaan.



Gambar 3 Pekerjaan Survei

- Melakukan pekerjaan galian dengan kedalaman sesuai gambar kerja. Kemiringan lereng galian adalah 1:0.3 dengan tipikal kedalaman galian 1,2m.



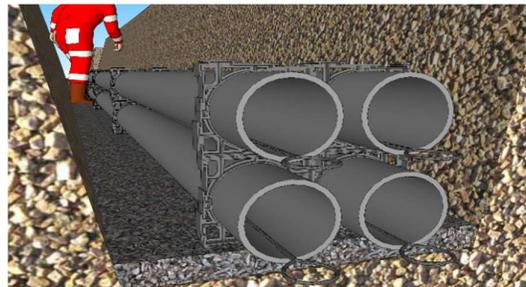
Gambar 4 Penggalian

- Melakukan pemadatan pada dasar galian dengan stamper.



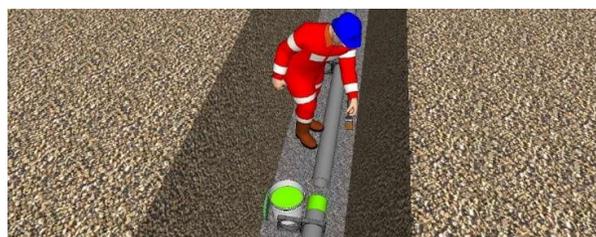
Gambar 5 Pemadatan Dasar Galian dengan Stamper

- Melakukan instalasi duct spacer sesuai dengan alternatif desain yang dipilih sesuai hasil analisis. Instalasi dilakukan secara satu satu secara langsung di lapangan. Sehingga semua material pipa dan duct spacer yang sudah diapprove konsultan dapat dikirim langsung ke lapangan.



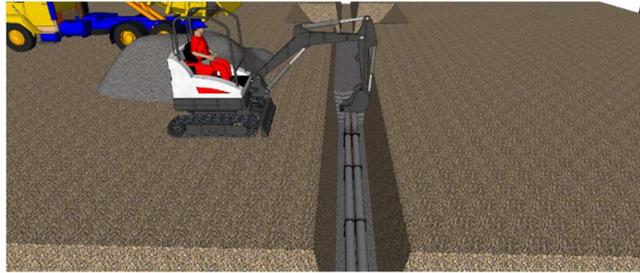
Gambar 4 Ilustrasi Pemasangan Duct Spacer

- Menambahkan waterproof cement pada sambungan pipa. Setelah selesai, cek semua sambungan dan pipa, apakah pipa melengkung atau tidak, apakah ada sambungan yang tidak rekat.



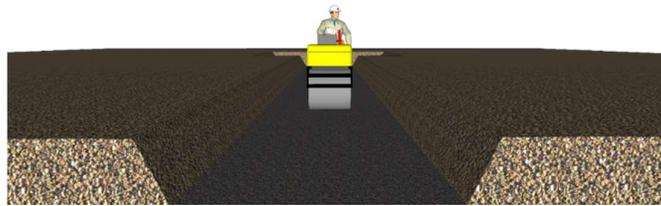
Gambar 5 Penambahan waterproof cement pada Sambungan Pipa Ducting

6. Selanjutnya, melakukan penghamparan tanah pasir atau pengecoran dengan beton sesuai dengan gambar kerja. Jika dilakukan penghamparan tanah pasir, maka tanah pasir perlu dipadatkan dengan baby roller atau stamper. Jika dilakukan pengecoran beton, maka pekerja perlu menggunakan vibrator agar padat.



**Gambar 8 Penghamparan Tanah Pasir atau Pengecoran dengan Beton
Sesuai dengan Gambar Kerja**

7. Tahap selanjutnya adalah penghamparan dan pemadatan material timbunan dan pemasangan water tape sesuai dengan gambar kerja.



Gambar 6 Penghamparan dan Pemadatan Material Timbunan

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan duct spacer akan mempermudah pemasangan pipa ducting. Pipa ducting menjadi lurus tidak melengkung yang diakibatkan penghamparan tanah pasir atau gaya apung yang terjadi saat pengecoran. Namun, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan model duct spacer adalah sebagai berikut:

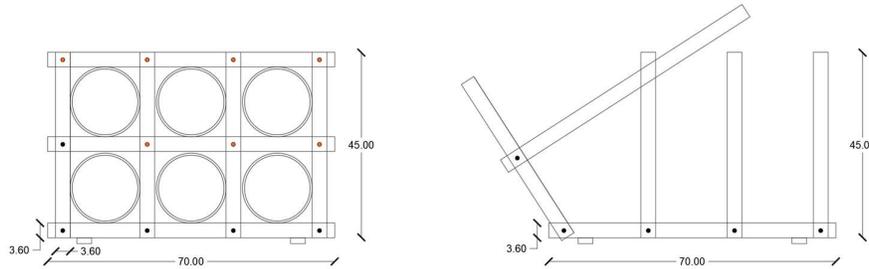
1. Lokasi pemasangan sempit, sehingga desain duct spacer harus mudah-pasang dan ringkas.
2. Jadwal pelaksanaan yang sempit, sehingga duct spacer perlu dibuat dengan sederhana tetapi kuat dalam menahan beban pipa dan beban saat pekerjaan.
3. Model duct spacer harus fleksibel terhadap 3 tipe formasi pipa sesuai gambar kerja.

Desain Duct Spacer dengan Material Prefabricated (PVC) dan Hollow Baja Ringan untuk Pekerjaan Pipa Kabel Bawah Tanah (Underground)

Sesuai dengan pembahasan pada subbab **Error! Reference source not found.**, maka desain duct spacer harus memenuhi persyaratan-persyaratan tersebut. Peneliti telah melakukan beberapa trial and error untuk membuat desain yang siap digunakan. Berikut ini adalah pembahasan desain final yang akan digunakan dalam pekerjaan ducting di Bandara Kediri.

Desain Duct Spacer dengan Hollow Baja Ringan

Duct spacer dengan Hollow Baja Ringan akan dipabrikasi secara mandiri di lokasi proyek. Material hollow baja ringan yang digunakan adalah HL 14 x 36 tebal 0.25mm. Berikut ini adalah desain duct spacer dengan material hollow baja ringan.



Gambar 7 Desain Duct Spacer dengan Hollow Baja Ringan

Sesuai gambar diatas, rangka duct spacer hollow baja ringan memiliki kaki untuk menopang rangka tersebut sehingga dapat memudahkan pemasangan pipa ducting. Terdapat 2 warna baut yakni baut hitam dan oranye. Baut hitam adalah sambungan yang dibaut di gudang pabrikan dan baut oranye adalah sambungan yang dibaut di lokasi proyek saat pemasangan. Baut di sisi pojok kiri seperti pada gambar di atas (kanan) menjadi “engsel” sehingga rangka dapat dibuka-tutup. Rangka dibuat sedemikian rupa agar dapat meminimalkan pekerjaan pembautan di lapangan dan mengurangi kemungkinan adanya bagian-bagian hollow yang terpisah pada saat pengiriman. Namun, perlu adanya cover atau proteksi pada bagian ujung-ujung baut yang terlihat seperti pada gambar di bawah ini. Hal ini dikarenakan risiko pekerja tergores menjadi ada terlepas penggunaan APD berupa sarung tangan.

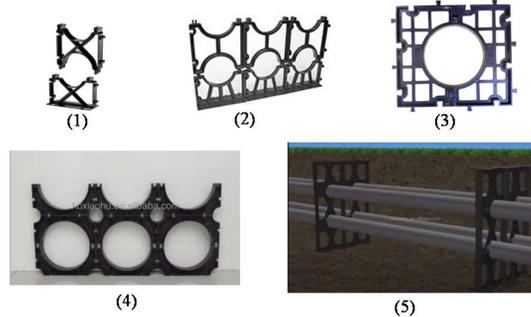


Gambar 11 Baut yang Terekspose Memiliki Risiko Pekerja Tergores

Desain Duct Spacer dengan Prefabricated (PVC)

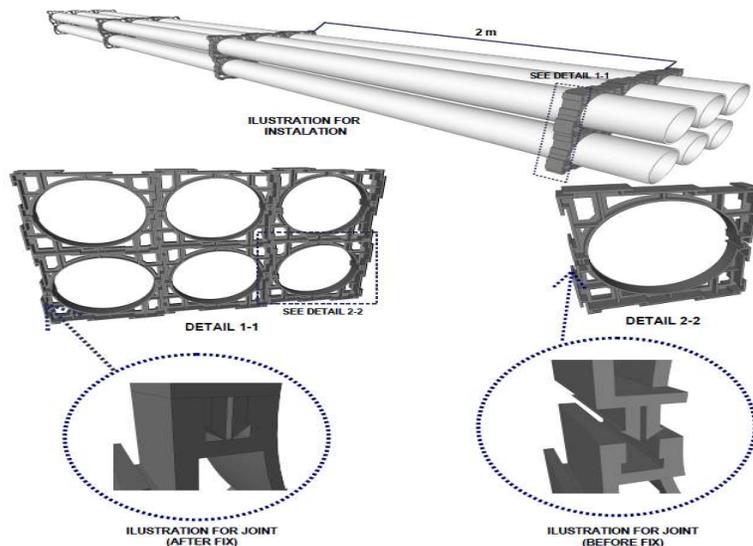
Di Luar Negeri, penggunaan duct spacer berbahan PVC sudah sangat familiar. Bentuk dan ukuran dari *Duct Spacer* beraneka ragam menyesuaikan ukuran dan jarak yang dibutuhkan. Meskipun demikian, *Duct Spacer* terbuat dari bahan plastik atau PVC dengan ketebalan tertentu. Setiap pabrikan juga memiliki bentuk yang beraneka ragam dan memiliki

sistem sambungan yang beraneka ragam juga. Beberapa bentuk position frame yang penulis himpun dari beberapa sumber antara lain;



Gambar 8 Position frame dari Pabrik beberapa Negara di Asia

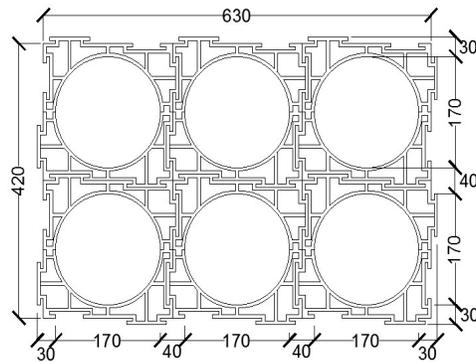
Berdasarkan metode kerja yang telah dijelaskan sebelumnya, maka duct spacer perlu dibagi menjadi 2 bagian, yakni sisi atas dan sisi bawah. Hal ini bertujuan sisi bawah akan menopang pipa ducting terlebih dahulu. Setelah pipa ducting duduk, maka akan dilakukan pemasangan bagian atas. Hal ini membuat sistem interlocking harus mampu dipasang dari atas. Berikut ini adalah desain final ducting spacer yang memenuhi syarat tersebut.



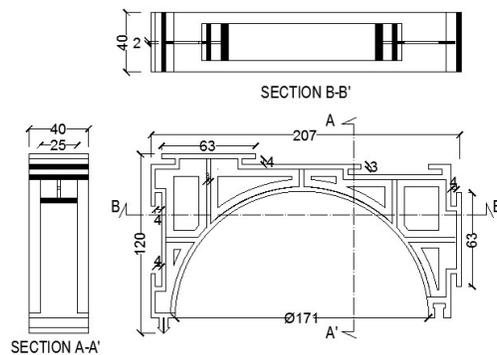
Gambar 9 Duct Spacer dengan PVC

Seperti yang terlihat pada gambar Gambar 9 – detail 1-1, sambungan samping antar material ducting dibuat pergerakannya maju-mundur. Hal ini bertujuan memperkuat sambungan samping dari pergerakan saat pipa akan dipasang. Sambungan sisi samping pun dibuat sedemikian rupa, sehingga pabrik hanya akan membuat 1 tipe model tetapi dapat fleksibel terhadap formasi susunan pipa. Sambungan bagian atas dan bawah dibuat berbentuk “klik” dari atas seperti pada detail 2-2. Hal ini karena lokasi pekerjaan yang sempit, membuat pergerakan yang paling memungkinkan adalah pekerja menekan bagian atas supaya menyatu

dengan bagian bawah. Rangka dari PVC pun dibuat rigid, sehingga mampu menopang material dengan baik. Hal lain yang diperhatikan di sini adalah jarak pemasangan 2 meter. Jarak tersebut merupakan jarak ideal dan ekonomis, sehingga pipa tidak melendut dan stabil (hasil uji coba experimental). Berikut ini adalah detail dimensi duct spacer dengan material PVC yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10 Dimensi Duct Pipe Spacer



Gambar 11 Detail Duct Spacer

Pabrik akan membuat duct spacer sesuai Gambar 11. Kemudian duct spacer akan dirangkai sesuai formasi susunan pipa, tetapi bagian atas dan bawah akan disambung di lapangan. Material yang akan digunakan adalah Polytam PF 1000 yang merupakan polymer dengan sifat sebagai berikut:

1. Visual lebih bersih
2. Tahan lama
3. Kemampuan menyesuaikan bentuk

Material ini merupakan material yang diproduksi massal oleh PT. Pertamina (Persero) dalam bentuk kristal bening yang memiliki ukuran sebesar biji pepaya, kering, tidak berbau, dan tekstur padat. Berikut ini adalah visual dan material properties dari PF 1000.

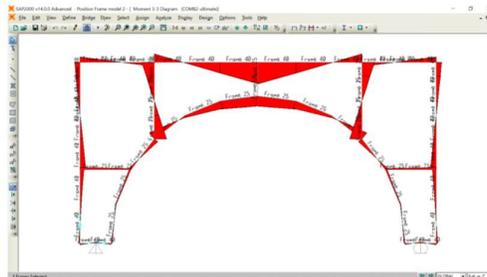


Gambar 12 Polytam

Tabel 1 Properties Material PF 1000

No	Parameter	Test method (ASTM)	Unit (satuan)	PF 1000
1	Melt Flow Rate @230 ⁰ C	D1238	g/ 10 min	10
2	Density	D1505	g/cm ³	0,90
3	Melting Temperature	D3418	⁰ C	165
4	Tensile Yield Strength	D638	Kgf/cm ³	Min. 370
5	Tensile Yield Elongation %	D638	%	Min. 13
6	Flexural Modulus	D790	Kgf/cm ³	Min. 15.500

Tim engineering pun telah melakukan perhitungan terkait kekuatan nominal dari duct spacer yang ada. Perhitungan tersebut menyimpulkan bahwa duct spacer memiliki kuat geser nominal 399kg dan momen nominal 266 kg.cm. Dalam hal ini, duct spacer sudah memenuhi syarat yang dibutuhkan dimana, duct spacer mampu menahan beban tanah jenuh maksimal 162 cm tetapi tidak untuk menahan beban kendaraan. Nantinya beban kendaraan akan ditopang oleh timbunan cor beton. Berikut ini adalah tipikal gambar diagram gaya-gaya dalam pada duct spacer.



Gambar 13 Diagram Gaya-gaya Dalam Duct Spacer PVC

Analisis Biaya dan Waktu terkait *Duct Spacer* dengan Material Prefabricated (PVC) dan Hollow Baja Ringan.

Subbab ini akan membahas terkait biaya dan waktu untuk pekerjaan duct spacer dengan material PVC dan Hollow Baja Ringan. Analisis meliputi pada waktu pengadaan material baik produksi dalam negeri dan luar negeri, dan waktu pemasangan secara experimental.

Analisis Waktu Pengadaan Duct Spacer

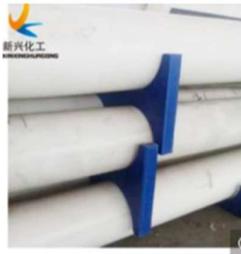
Kebutuhan duct spacer di Proyek Bandara Kediri adalah 175.000 buah. Analisis waktu pengadaan duct spacer meliputi waktu produksi dan waktu pengiriman. Pengadaan duct spacer dengan material hollow akan diproduksi mandiri oleh tim lapangan, sehingga tidak akan mempengaruhi proses pengiriman material. Pengadaan duct spacer berbahan PVC baik produksi dalam negeri maupun dari luar negeri membutuhkan waktu produksi dan pengiriman. Hal yang berbeda adalah belum ada produsen manufaktur yang pernah membuat duct spacer, sehingga membutuhkan waktu produksi lebih lama untuk produksi molding (cetakan) duct spacer, sedangkan produksi luar negeri sudah siap molding. Namun, produksi luar negeri memiliki kelemahan terhadap pengiriman harus dilakukan ketika produksi sudah selesai semua. Produksi dalam negeri mampu mengirim secara parsial. Berikut ini adalah produsen manufaktur duct spacer yang telah menjadi kandidat untuk pemesanan duct spacer:

1. Tecafine Polymers Pvt. Ltd. yang beralamat di Time Square 2, Office no: 502, 5th Floor, 150 Feet Ring Road, opp. Synergy Hospital Rajkot – 360005, Gujarat India.



Gambar 14 Logo dan Duct Spacer dari Tecafine

2. Shandong Ningjin Xinxing Chemical Co. Ltd., yang beralamat di Liaohe Road, Ningjin Industry Zone, Dezhou, Shandong, China 253400



Gambar 15 Duct Spacer dari Shandong Ningjin Xinxing Chemical

3. PT. Kharisma Plastik yang beralamat di Jl. Cigondewah Kaler No. 53, Cigondewah Kaler, Kec. Bandung Kulon, Kota Bandung, Jawa Barat
 4. Duct spacer dengan material hollow baja ringan diproduksi oleh PT. Wijaya Karya
- Berdasarkan data yang dikumpulkan dari tim pengadaan proyek maka dibutuhkan waktu produksi sebagai berikut:

Tabel 2 Analisis Waktu Pengadaan Duct Spacer

No.	Perusahaan Asal	Waktu (hari)						Total Waktu
		Molding	Produksi		Pengiriman Material		Port -> Onsite	
			Tahap I	Tahap II	Tahap I	Tahap II		
1	India	-	35	-	25		12	72
2	China	-	30	-	20		12	62
3	Indonesia	20	15	15	3	3	-	56
4	Mandiri (Hollow)	-	100*	-	-	-	-	100

* dapat dilakukan kontinu di lapangan

Tabel 2 menunjukkan perbandingan waktu pengadaan duct spacer hingga sampai di lokasi proyek. Pada poin 1, 2, dan 3 merupakan perusahaan yang memproduksi duct spacer material PVC. Perusahaan India membutuhkan waktu produksi lebih lama 5 hari daripada produksi China dan Indonesia. Namun, secara keseluruhan waktu produksi Perusahaan Indonesia membutuhkan waktu total 50 hari karena membutuhkan waktu pembuatan molding. Agar tim produksi tetap bisa bekerja, maka perusahaan Indonesia diminta untuk melakukan pengiriman sejumlah 2 tahap. Sehingga, tim produksi dapat menggunakan duct spacer yang ada terlebih dahulu.

Jika melihat secara keseluruhan waktu pengadaan duct spacer hingga sampai di lokasi proyek, perusahaan dari Indonesia memiliki waktu yang paling cepat, yakni 56 hari. Hal ini dikarenakan perusahaan dari Indonesia tidak perlu melakukan aktivitas bongkar-muat di pelabuhan yang relatif lama (berdasarkan pengalaman produsen). Waktu pengiriman pun dari luar negeri ke Indonesia relatif lebih lama, karena pengiriman dilakukan menggunakan kapal (pemilihan didasarkan pada perhitungan ekonomis).

Untuk produksi duct spacer dengan material hollow membutuhkan waktu selama 100 hari, dengan target produksi 200m per hari. Produksi mandiri ini memiliki keuntungan yakni material sudah onsite. Namun, tim proyek memberikan catatan khusus terhadap duct spacer jenis ini yakni tidak fleksibel jika akan dilakukan percepatan pekerjaan di lapangan, mengingat target tersebut sudah membutuhkan tenaga sekitar 6 orang untuk 8 jam kerja.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka produksi duct spacer di Indonesia menjadi pilihan yang paling baik. Hal ini dikarenakan waktu produksi-pengiriman hingga sampai di lokasi proyek paling cepat dan tidak menimbulkan critical path yang baru.

Analisis Waktu Penyelesaian Pekerjaan Ducting

Analisis waktu pun dilakukan pada waktu penyelesaian pekerjaan ducting baik menggunakan duct spacer material PVC atau duct spacer dengan hollow baja ringan. Analisis waktu penyelesaian pekerjaan dilakukan dengan cara melakukan trial dengan pipa 6 meter formasi 2 x 3 yang dipasang 3 duct spacer.



Gambar 16 Ilustrasi Analisis Waktu Penyelesaian Pekerjaan Ducting



Gambar 17 Uji Coba dengan Duct Spacer PVC



Gambar 18 Uji Coba dengan Duct Spacer Hollow Baja Ringan

Uji coba telah dilakukan untuk melihat waktu penyelesaian pekerjaan ducting pada 1 lajur pipa. Berikut ini adalah hasil perhitungan waktu penyelesaian pekerjaan ducting dengan duct spacer.

Tabel 3 Hasil Uji Coba Penyelesaian Pekerjaan Ducting dengan Duct Spacer

No.	Duct Spacer	Waktu (detik)			
		Uji Coba I	Uji Coba II	Uji Coba III	Rata-rata
1	Hollow	416			416
2	PVC	143	109	113	122

Uji coba dilakukan sebanyak 1 kali untuk duct spacer dengan material hollow dan 3 kali untuk duct spacer dengan material PVC. Uji coba pada duct spacer PVC dilakukan sebanyak 3 kali agar pekerja familiar dengan duct spacer yang ada, sehingga waktu pekerjaan dapat dilihat secara baik. Hal ini ditunjukkan dimana, pekerjaan menjadi lebih cepat pada uji coba II dan uji coba III. Secara keseluruhan, pekerjaan duct spacer PVC memiliki kecepatan yang lebih baik daripada duct spacer hollow baja ringan. Hal ini dikarenakan duct spacer PVC tidak melakukan pekerjaan pembautan yang relatif sering mengalami kendala. Dampak positif

penggunaan duct spacer PVC adalah pekerjaan menjadi lebih cepat 3 kali lipat daripada pekerjaan dengan duct spacer hollow baja ringan.

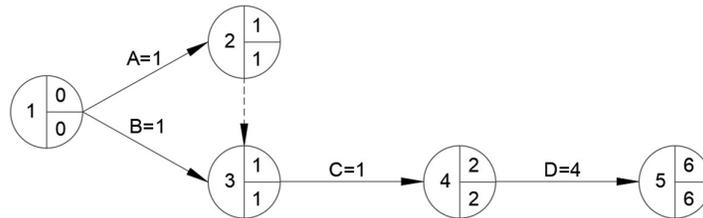
Hasil analisis di atas ditindaklanjuti kembali untuk menganalisis keuntungan penggunaan duct spacer PVC daripada duct spacer konvensional. Analisis dilanjutkan dengan mempertimbangkan target produksi dari tim proyek yakni sebagai berikut:

1. Pekerjaan galian: 100 m/hari
2. Pekerjaan instalasi pipa dengan duct spacer: 100 m/hari
3. Pekerjaan backfill: 25 m/hari.
4. Pengadaan duct spacer PVC: 0 hari (pengadaan dari pabrik)
5. Pengadaan duct spacer konvensional: 200 m/hari

Target tersebut merupakan hasil diskusi dan best practice tim proyek, dimana target tersebut wajib dipenuhi yang disertai kelengkapan dokumen approval dari konsultan. Berikut ini adalah durasi pekerjaan ducting untuk panjang 100m dengan duct spacer konvensional dan prefabricated dengan jumlah 1 tim instalasi ducting dan 1 tim pekerjaan backfill.

Tabel 4 Durasi Pekerjaan Ducting dengan Duct Spacer Konvensional

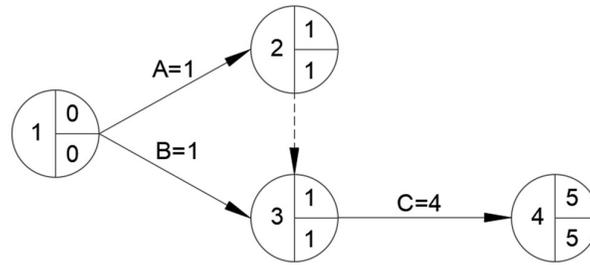
No.	Uraian Pekerjaan	Kap. Produksi (m/hari)	Durasi Pekerjaan 100 m	Hari						
				1	2	3	4	5	6	
1	Penggalian (A)	100	1	1						
2	Pabrikasi Duct Spacer (B)	200	1	1						
2	Instalasi Pipa (C)	100	1		1					
3	Backfill (D)	25	4			1	1	1	1	



Gambar 19 Durasi Pekerjaan Ducting dengan Duct Spacer Konvensional

Tabel 5 Durasi Pekerjaan Ducting dengan Duct Spacer Prefabricated

No.	Uraian Pekerjaan	Kap. Produksi (m/hari)	Durasi Pekerjaan 100 m	Hari				
				1	2	3	4	5
1	Penggalian (A)	100	1	1				
2	Instalasi Pipa (B)	100	1	1				
3	Backfill (C)	25	4		1	1	1	1



Gambar 20 Durasi Pekerjaan Ducting dengan Duct Spacer Prefabricated

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, dapat diketahui bahwa durasi pekerjaan ducting dengan duct spacer prefabricated lebih cepat daripada duct spacer konvensional. Hal ini dikarenakan tim dapat langsung menggunakan duct spacer prefabricated (sudah tersedia) tanpa perlu membuat duct spacer konvensional. Untuk mengetahui dampak float tersebut, analisis dilakukan dengan membuat schedule selama 50 hari seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 6 Penjadwalan Pekerjaan Duct Spacer Konvensional selama 50 Hari

No.	Uraian Pekerjaan	Hari																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Penggalian	1	2					3					4	5					6					7	8	
2	Pabrikasi Duct Spacer	2										4												6		
2	Instalasi Pipa		1					2					3						4						5	
3	Backfill			1	1	1	1		2	2	2	2			3	3	3	3		4	4	4	4		5	

No.	Uraian Pekerjaan	Hari																								
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	Penggalian				9					10	1				1						1	1				
2	Pabrikasi Duct Spacer									8											10					
2	Instalasi Pipa				6					7					8							9				
3	Backfill	5	5	5		6	6	6	6			7	7	7	7		8	8	8	8			9	9	9	

Tabel 7 Penjadwalan Pekerjaan Duct Spacer Prefabricated selama 50 Hari

No.	Uraian Pekerjaan	Hari																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Penggalian	1	2									3	4										5	6		
2	Instalasi Pipa	1	2									3	4										5	6		
3	Backfill			1	1	1	1	2	2	2	2			3	3	3	3	4	4	4	4			5	5	

No.	Uraian Pekerjaan	Hari																								
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	Penggalian							7	8											9	10					
2	Instalasi Pipa							7	8											9	10					
3	Backfill	5	6	6	6	6			7	7	7	7	8	8	8	8				9	9	9	9	10	10	

Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan flow pekerjaan ducting selama 50 hari. Terdapat nomor pada kolom di atas di setiap uraian pekerjaan adalah jalur pipa 100 m ke- sesuai nomor yang ada. Contoh, angka 1 berarti 100 m pertama dan 5 berarti 100 m kelima. Pada penjadwalan tersebut menggunakan 1 tim pekerjaan terdiri dari 2 tukang, 4 pekerja harian, dan 1 alat berat (excavator dan stamper). Tim bekerja pada pekerjaan galian, pabrikasi duct spacer, instalasi pipa, dan backfill. Pekerjaan galian dan pekerjaan backfill membutuhkan alat berat sehingga tidak dapat dikerjakan bersama. Pekerjaan galian dan pekerjaan pengadaan duct spacer atau

instalasi pipa dapat dikerjakan bersamaan, mengingat pekerjaan tersebut tidak memerlukan tukang atau pekerja secara bersamaan.

Berdasarkan Tabel 7, pekerjaan instalasi pipa dengan duct spacer prefabricated sepanjang 1000 m selesai dalam waktu 50 hari. Pekerjaan galian yang sudah selesai memberikan ruang kerja pada pekerjaan instalasi pipa, sehingga dapat dilakukabn bersamaan. Hasil analisis pada Tabel 7 memberikan hasil bahwa tidak ada idle alat berat yang memberikan kerugian pada proyek.

Pada Tabel 6, pekerjaan pabrikasi duct spacer konvensional menghambat pekerjaan instalasi pipa. Pada penggunaan duct spacer prefabricated critical path berada pada pekerjaan galian, tetapi pada penggunaan duct spacer konvensional critical path berada pada pekerjaan pabrikasi duct spacer. Hari ke-34, galian sudah mencapai 1000 m, tetapi pekerjaan instalasi pipa dan backfill selesai di 600 m. Hal ini berarti ada 400 m galian terbuka di lapangan yang tentunya perlu perhatian khusus yakni terkait keselamatan kerja dan risiko genangan akibat hujan. Dengan demikian, alat berat pun perlu idle 4 hari menunggu pekerjaan instalasi pipa. Hal ini membuat pekerjaan tidak efisien khususnya pada penggunaan alat berat. Jika tim ingin menggunakan duct spacer konvensional, maka diperlukan tambahan 1 tim untuk menyelesaikan pabrikasi duct spacer, sehingga tim yang sebelumnya mengerjakan pembuatan duct spacer dan instalasi pipa dapat fokus pada satu pekerjaan yakni instalasi pipa. Namun, hal ini tentu tidak efisien, mengingat pekerjaan di lapangan sangat banyak dan waktu penyelesaian singkat (crash program).

Analisis Biaya Pengadaan Duct Spacer

Analisis biaya pengadaan duct spacer meliputi biaya produksi dan biaya pengiriman ke lokasi proyek. Pengadaan material ini dilakukan pada bulan Desember 2021 dengan nilai kurs USD terhadap Rupiah adalah Rp14.000,00 dan nilai kurs Rupee terhadap Rupiah adalah Rp450,00. Berikut ini adalah perbandingan biaya duct spacer dari masing-masing produsen.

Tabel 8 Perbandingan Biaya Pengadaan Duct Spacer ke Lokasi Proyek

No.	Perusahaan Asal	Jumlah Pemesanan	Mata Uang (Nilai Kurs Des 2021)	Harga Satuan	Total	Total (Rupiah)
1	India	175000	Rupee (Rp450)	₹ 37.00	Rp 6,475,000	Rp 2,913,750,000
2	China	175000	USD (Rp14.000)	\$ 1.60	Rp 280,000	Rp 3,920,000,000
3	Indonesia	175000	Rupiah	Rp 9,000	Rp 1,575,000,000	Rp 1,575,000,000
4	Mandiri (Hollow)	175000	Rupiah	Rp 4,979	Rp 871,325,000	Rp 871,325,000

Berdasarkan tabel di atas, maka biaya pengadaan duct spacer ke lokasi proyek yang paling murah adalah dengan duct spacer konvensional yakni Rp 871.325.000,00. Jika dibandingkan dengan pengadaan duct spacer prefabricated termurah yakni produksi di Indonesia terdapat selisih 44,68%. Perbedaan ini tentu sangat signifikan.

Analisis pun dilanjutkan dengan melihat harga satuan pekerjaan instalasi ducting dengan duct spacer konvensional dan duct spacer prefabricated per 1 m'. Berikut ini adalah harga satuan tender (data sekunder lokasi studi kasus) yang digunakan untuk analisis perhitungan harga satuan pekerjaan instalasi ducting per 1m'.

Tabel 9 Harga Satuan Tender

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan
1	Pekerja	hari	Rp 100,000.00
2	Tukang	hari	Rp 150,000.00
3	Mandor	hari	Rp 200,000.00
3	Pipe dia. 160 mm	m	Rp 349,523.00

Berdasarkan Tabel 9, maka dapat dilakukan analisis harga satuan pekerjaan instalasi pipa ducting dengan duct spacer konvensional dan duct spacer prefabricated sebagai berikut.

Tabel 10 Harga Satuan Pekerjaan Instalasi Pipa Ducting dengan Duct Spacer Konvensional per 1m'

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A Tenaga Kerja					
1	Pekerja	OH	0.0770	Rp 100,000.00	Rp 7,703.70
2	Tukang	OH	0.0385	Rp 150,000.00	Rp 5,777.78
3	Mandor	OH	0.0193	Rp 200,000.00	Rp 3,851.85
Jumlah Tenaga Kerja					Rp 17,333.33
B Bahan					
1	Duct Spacer Konvensional	pcs	6.0000	Rp 4,979.00	Rp 29,874.00
2	Pipe dia. 160 mm	m	6.0000	Rp 349,523.00	Rp 2,097,138.00
Jumlah Harga Bahan					Rp 2,127,012.00
C Peralatan					
Jumlah Harga Alat					Rp -
D Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 2,144,345.33
E Biaya Umum dan Keuntungan				15%	Rp 321,651.80
F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					Rp 2,465,997.13

Tabel 11 Harga Satuan Pekerjaan Instalasi Pipa Ducting dengan Duct Spacer Prefabricated per 1m'

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A Tenaga Kerja					
1	Pekerja	OH	0.0226	Rp 100,000.00	Rp 2,259.26
2	Tukang	OH	0.0113	Rp 150,000.00	Rp 1,694.44
3	Mandor	OH	0.0056	Rp 200,000.00	Rp 1,129.63
Jumlah Tenaga Kerja					Rp 5,083.33
B Bahan					
1	Duct Spacer PVC	pcs	6.0000	Rp 9,000.00	Rp 54,000.00
2	Pipe dia. 160 mm	m	6.0000	Rp 349,523.00	Rp 2,097,138.00
Jumlah Harga Bahan					Rp 2,151,138.00
C Peralatan					
Jumlah Harga Alat					Rp -
D Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					Rp 2,156,221.33
E Biaya Umum dan Keuntungan				15%	Rp 323,433.20
F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					Rp 2,479,654.53

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui biaya instalasi pipa ducting dengan duct spacer prefabricated lebih mahal Rp 13.657,40 daripada instalasi pipa ducting dengan duct spacer konvensional. Meskipun waktu instalasi pipa dengan duct spacer PVC lebih cepat daripada duct spacer konvensional sehingga biaya tenaga kerja lebih murah Rp 12.250,00,

tetapi biaya material jauh lebih mahal seperti yang telah dijelaskan sebelumnya yakni 44.68%. Hal ini menyebabkan biaya produksi pipa ducting dengan duct spacer PVC per 1 m' lebih mahal daripada dengan duct spacer konvensional.

Analisis pun dilanjutkan untuk mengetahui biaya total produksi pipa ducting per 1 meter sehingga dapat diketahui nilai efisiensi penggunaan duct spacer prefabricated. Di lokasi studi kasus, terdapat 2 jenis penutup pipa ducting yakni urugan pasir dan beton yang masing-masing memiliki panjang 19.785m dan 283m. Berikut ini adalah biaya efisiensi terhadap penggunaan duct spacer prefabricated dengan volume pekerjaan di lokasi studi kasus dengan harga satuan pekerjaan dari data sekunder di lokasi studi kasus.

Tabel 12 Harga Satuan Pekerjaan Pipa Ducting dengan Duct Spacer Konvensional dan Penutup Pasir per 1m

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian	m ³	2.4000	Rp 148,887.00	Rp 357,328.80
2	Instalasi Pipa + duct spacer konvensional	m	1.0000	Rp 2,465,997.13	Rp 2,465,997.13
3	Backfill Material Pasir	m ³	0.5838	Rp 334,917.00	Rp 195,528.55
4	Backfill Selected Material	m ³	1.8162	Rp 334,917.00	Rp 608,272.25
Harga Total					Rp 3,627,126.73

Tabel 13 Harga Satuan Pekerjaan Pipa Ducting dengan Duct Spacer Konvensional dan Penutup Beton per 1m

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian	m ³	2.4000	Rp 148,887.00	Rp 357,328.80
2	Instalasi Pipa + duct spacer konvensional	m	1.0000	Rp 2,465,997.13	Rp 2,465,997.13
3	Concrete fc' 30 MPa	m ³	0.3618	Rp 1,401,753.60	Rp 507,171.22
4	Backfill Selected Material	m ³	2.0382	Rp 334,917.00	Rp 682,623.82
Harga Total					Rp 4,013,120.97

Tabel 14 Harga Satuan Pekerjaan Pipa Ducting dengan Duct Spacer Prefabricated dan Penutup Pasir per 1m

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian	m ³	2.4000	Rp 148,887.00	Rp 357,328.80
2	Instalasi Pipa + duct spacer PVC	m	1.0000	Rp 2,479,654.53	Rp 2,479,654.53
3	Backfill Material Pasir	m ³	0.5838	Rp 334,917.00	Rp 195,528.55
4	Backfill Selected Material	m ³	1.8162	Rp 334,917.00	Rp 608,272.25
Harga Total					Rp 3,640,784.13

Tabel 15 Harga Satuan Pekerjaan Pipa Ducting dengan Duct Spacer Prefabricated dan Penutup Beton per 1m

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian	m ³	2.4000	Rp 148,887.00	Rp 357,328.80
2	Instalasi Pipa + duct spacer PVC	m	1.0000	Rp 2,479,654.53	Rp 2,479,654.53
3	Concrete fc' 30 MPa	m ³	0.3618	Rp 1,401,753.60	Rp 507,171.22
4	Backfill Selected Material	m ³	2.0382	Rp 334,917.00	Rp 682,623.82
Harga Total					Rp 4,026,778.37

Tabel 16 Deviasi antara Penggunaan Duct Spacer Konvensional

dengan Duct Spacer Prefabricated

No	Jenis Timbunan Ducting	Volume (m)	Harga Satuan		Total Biaya		Deviasi (Konv. - Prefb.)
			Konvensional	Prefabricated	Konvensional	Prefabricated	
1	Pasir	19785	Rp 3.627,126.73	Rp 3.640,784.13	Rp 71,762,702,419.00	Rp 72,032,914,078.00	Rp 270,211,659.00
2	Beton	283	Rp 4,013,120.97	Rp 4,026,778.37	Rp 1,135,713,235.34	Rp 1,139,578,279.54	Rp 3,865,044.20
Total Biaya					Rp 72,898,415,654.34	Rp 73,172,492,357.54	Rp 274,076,703.20

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui instalasi pipa ducting dengan duct spacer prefabricated lebih mahal daripada duct spacer konvensional. Deviasi yang diperoleh adalah Rp 274.076.703,20. Seperti pada penjelasan di atas, hal ini disebabkan biaya produksi duct spacer prefabricated lebih mahal daripada duct spacer konvensional.

Tabel 17 Nilai Risiko Waktu Idle Alat Berat

No.	Uraian	Satuan	Waktu Idle	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Excavator PC-200	hari	80	Rp 9,025,600.00	Rp 722,048,000.00
Nilai Risiko					Rp 722,048,000.00

Berdasarkan Tabel 17, dapat diketahui nilai risiko waktu idle alat berat sangat tinggi yakni Rp 722.048.000,00. Sehingga jika membandingkan deviasi antara biaya produksi pipa ducting dengan duct spacer konvensional – prefabricated, terdapat risiko kerugian sebesar Rp 274.076.703,00 - Rp 722.048.000,00 = -Rp 447.971.296,80. Hal ini tentu perlu menjadi perhatian khusus untuk tim proyek dalam memilih duct spacer yang akan digunakan.

Pekerjaan sisi udara di Bandara Kediri yang bervolume besar meliputi pekerjaan aspal, pekerjaan beton untuk Commercial Apron dan Apron VIP, sedangkan pekerjaan drainase hanya bervolume kecil. Di sisi lain, pekerjaan earthwork sudah diselesaikan pihak penyedia jasa sebelumnya. Mengingat, pekerjaan di proyek Bandara Kediri yang membutuhkan alat berat (excavator) hanya sedikit, pengalihan alat berat ke lokasi-lokasi lain sangat sulit. Dalam hal ini, penggunaan duct spacer prefabricated lebih menguntungkan jika membandingkan dengan nilai risiko yang ada.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Analisis telah dilakukan seperti pada penjelasan diatas dan disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Metode kerja pekerjaan ducting meliputi penggalian, pemasangan duct spacer, pemasangan pipa, dan pemadatan material timbunan. Metode kerja yang ada menggambarkan lokasi pemasangan yang sempit, jadwal pelaksanaan yang padat, dan terdapat beberapa formasi susunan pipa. Dengan demikian, duct spacer harus dibuat ringkas, sederhana, dan fleksibel terhadap tipe-tipe formasi susunan pipa.

2. Desain duct spacer konvensional dibuat sederhana mungkin untuk mengurangi pekerjaan pembautan di lokasi proyek. Hal yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya tangan tergores baut-baut yang ada pada rangka hollow baja ringan. Desain duct spacer material PVC menggunakan material Polytam PF 1000. Duct spacer material PVC memiliki kuat geser nominal 399kg dan momen nominal 266 kg.cm atau dapat menahan beban tanah jenuh maksimal 162 cm tetapi tidak untuk menahan beban kendaraan.
3. Hasil analisis waktu pengadaan duct spacer adalah pengadaan duct spacer PVC dari produsen di Indonesia yang paling cepat yakni 56 hari. Hal ini dikarenakan produsen di Indonesia tidak memerlukan waktu clearance di pelabuhan, meskipun waktu produksi lebih lama 20 hari karena memerlukan waktu pembuatan molding. Hasil analisis waktu penyelesaian pekerjaan yang tercepat adalah penggunaan duct spacer PVC yakni 122 detik atau 3 kali lebih cepat daripada penggunaan duct spacer konvensional. Penggunaan duct spacer prefabricated pun membuat alat berat tidak mengalami waktu idling, sedangkan terdapat 4 hari waktu idling pada penggunaan duct spacer konvensional per 1000 m. Namun, biaya produksi duct spacer konvensional jauh lebih murah daripada biaya produksi duct spacer prefabricated dengan selisih 44,68%. Hal ini mengakibatkan biaya produksi instalasi pipa ducting dengan duct spacer prefabricated lebih mahal Rp 274.076.703,20. Meskipun demikian, penggunaan duct spacer prefabricated dapat meminimalkan biaya risiko sebesar Rp 447.971.296,80 yang mungkin terjadi akibat waktu idling alat berat. Dengan demikian, penggunaan duct spacer prefabricated lebih layak daripada penggunaan duct spacer konvensional di lokasi studi kasus, mengingat pengalihan alat berat ke aktivitas lain relatif sulit karena penggunaan alat berat (excavator) yang relatif rendah.

Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat diberikan dari penelitian yang dilakukan yakni:

1. Melakukan analisis desain duct spacer PVC agar didapatkan model yang lebih ekonomis.
2. Melakukan review desain duct spacer PVC agar dapat digunakan pada berbagai macam ukuran pipa ducting.

6. REFERENSI

Aulia, S. S. (2021). Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Menggunakan Metode Cpm-Pert (Critical Path Method-Program Evaluation And Review Technique) (Analysis Of Building Project Scheduling Using The Cpm-Pert Method). *E Skripsi Universitas Islam Indonesia*, 117.

- Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu pada Penggunaan Duct Spacer dengan Prefabricated dan Hollow Baja Ringan Untuk Pekerjaan Underground Ducting (Studi Kasus Pekerjaan Underground Ducting Untuk Instalasi Airfield Lighting System di Bandara Dhoho Kediri, Jawa Timur)*
 CQ Press. (2020). Federal Aviation Administration. *Federal Regulatory Guide*, 906–912.
<https://doi.org/10.4135/9781544377230.n127>
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2002). Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor: SKEP/114/VI/2002 Tentang Standar Gambar Instalasi Sistem Penerbangan Bandar Udara (Airfield Lighting System). *Direktorat Jendral Perhubungan Udara*.
- Elgharbawy, A. S. (2022). Poly Vinyl Chloride Additives and Applications - A Review. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 12(3), 143–151.
<https://doi.org/10.54560/jracr.v12i3.335>
- Faa-c-, S. (2012). *Department of Transportation Federal Aviation Administration Specification Installation, Termination, Splicing, and Transient / Surge Protection of Underground. September 2014*.
- Hudha, M. S., & Multi, A. (2019). Perencanaan Saluran Kabel Bawah Tanah Pada Instalasi Pengolahan Gas. *Sinusoida*, XXI(2), 18–29.
- Irika. (2020). Analisis Manajemen Konstruksi Pembangunan Gedung Rawat Inap Kelas Iii Rsud Waled Kabupaten Cirebon. *CIREBON Jurnal Konstruksi*, 9(2), 125–138.
<http://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/3773>
- Kementrian Perhubungan. (2013). Peraturan Diraktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 2 Tahun 2013 Tentang Kriteria Penempatan Peralatan dan Utilitas Bandar Udara. *Tentang Kriteria Penempatan Peralatan Dan Utilitas Bandar Udara*, 8.
- Liu, T., Cai, L., Liao, Q., & Yang, Y. (2021). *Bending Capacity of Concrete-Encased Underground Electrical Duct Banks under* (p. 17). *Advances in Civil Engineering Vol. 2021*.
- PT. PLN (Persero). (2010). Buku 1 Kriteria Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. *PT PLN (Persero)*, 170.
- SKEP - 114 - VI - 2002 - Pit Trafo dan Galian Kabel.pdf*. (n.d.).
- Takhirov, S., Fujisaki, E., Low, B., & Mosalam, K. (2019). *REINFORCED UNDERGROUND CONCRETE DUCTBANKS AS A BETTER POWER TRANSMISSION ALTERNATIVE TO OVERHEAD POWER LINES IN EARTHQUAKE- AND FIRE-PRONE AREAS*.
- Utomo, B. S., Nisworo, S., & Pravitasari, D. (2023). Studi Perencanaan Kabel Bawah Tanah di Proyek Perumahan Anvaya Townhouse Kota Bogor. *Ulil Albab: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(2), 550–561.
- Weatherbee, S. (2015). *University of New Hampshire Scholars ' Repository 260543 - Manholes (Underground Ducts & Raceways for Electric Systems)*.