

Strategi mitigasi risiko proyek konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil: Studi kasus PDAM Jakarta

Safruddin MJ¹, Sawarni Hasibuan²

¹Management Project, PT Palyja Jakarta

²Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Corresponding author: safruddin.mj@gmail.com

Abstrak. Dalam aktivitas konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil selalu berpotensi menimbulkan risiko, oleh sebab itu manajemen risiko sangat diperlukan untuk keberhasilan suatu proyek konstruksi. Proyek konstruksi jaringan pipa dan pekerjaan sipil untuk memenuhi distribusi kebutuhan air bersih di Jakarta yang dilakukan melalui perjanjian kerjasama PDAM Pam Jaya dan PT Pam Lyonnaise Jaya (Palyja) berpotensi menghasilkan berbagai risiko. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis manajemen risiko pada konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil menggunakan model *house of risk*. Penelitian dilakukan melalui dua fase, fase pertama adalah identifikasi risiko dan agen risiko pada konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil melalui pengukuran tingkat *severity* dan *occurrence* untuk menghasilkan *aggregate risk priority (ARP)*. Pada fase kedua dilakukan analisis mitigasi risiko. Responden yang dilibatkan pada penelitian ini terdiri dari 60 orang yang terdiri dari project manager, supervisor, dan engineer pada proyek konstruksi jaringan pipa dan pekerjaan sipil. Hasil analisis berhasil mengidentifikasi 60 kejadian risiko dan 38 agen risiko pada konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil. Dengan menggunakan FGD dan analisis Pareto direkomendasikan lima aksi mitigasi yang diharapkan mampu memitigasi risiko pada konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil yaitu membentuk QA/QC secara independen/kerjasama, melakukan tindakan perbaikan (*corrective action*), melakukan pengujian atau pengetesan dengan ketentuan yang berlaku, melaksanakan sertifikasi ISO manajemen mutu 9001:2015, dan melakukan pelatihan (*training*) mengenai prosedur dan standar yang berlaku secara berkala.

Katakunci: *manajemen risiko, piping dan sipil, house of risk, mitigasi.*

Abstract. Construction activities such as *piping* and civil works utilities always potentially pose a risk. Therefore, risk management is indispensable for the success of a construction project. The pipeline and Civil works construction project to meet the distribution of clean water needs in Jakarta through the Cooperation Agreement PDAM Pam Jaya and PT Pam Lyonnaise Jaya (Palyja) potentially generate various risks. The purpose of this research is to analyse risk management on *piping* and civil works utility construction using the *house of risk* model. Research is conducted through two phases. The first phase is the identification of risks and risk agents in the *piping* and civil works utility construction through the measurement of *severity* and *occurrence* levels to produce an *aggregate risk priority (ARP)*, then conducts a risk mitigation analysis in the second phase. 60 respondents involved in the study consisting of project managers, supervisors, and engineers on pipeline and civil works construction projects. The results of the analysis successfully identified 60 risk events and 38 risk agents in the construction of utility *piping* and work civil PDAM Pam Jaya. FGD and Pareto analysis used in the study produced five recommendations for mitigation actions that are expected to be able to mitigate risk on *piping* and civil utility construction by establishing QA/QC independently/cooperation, take *corrective action (corrective action)*, conduct testing or testing with the applicable provisions, implement ISO certification of 9001:2015 quality management, and perform training on procedures and standards that apply periodically.

Keywords: *risk management, piping and civil works, house of risk, mitigation.*

1. Pendahuluan

Sektor konstruksi menempati posisi ketiga sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi di Indonesia sepanjang tahun 2017 setelah sektor industri pengolahan dan sektor perdagangan. Prediksi dari Tim BCI Economics, pasar sektor konstruksi tahun 2018 untuk bangunan gedung dan pekerjaan sipil di luar minyak dan gas meningkat sebanyak 3% dibandingkan tahun 2017. Dari prediksi total pasar proyek konstruksi tahun 2018 sebesar Rp 451,3 Triliun, 65% disumbangkan dari sektor pekerjaan sipil dan sisanya 35% dari bangunan gedung.

Pada RPJMN 2015-2019, dana APBN yang tersedia untuk pembangunan infrastruktur sektor air minum hanya sebesar Rp 33,899 Triliun. Oleh karena itu, pembangunan konstruksi di bidang infrastruktur air perlu diupayakan dengan cara yang efisien, efektif, tepat waktu, informatif, komunikatif dan bermutu. Pembangunan infrastruktur air minum akan berkaitan dengan sistem jaringan pipa (*piping*) dan pekerjaan sipil. Sistem perpipaan berfungsi sebagai media untuk mengalirkan suatu fluida dari satu *equipment* ke *equipment* lainnya.

Konstruksi sistem jaringan perpipaan dan pekerjaan sipil yang baik harus memenuhi standar. Jaringan pipa tersebut tidak hanya berfungsi mengalirkan fluida saja tetapi harus bisa menjamin mutu, keamanan dan keselamatan, serta kelangsungan air yang dialirkan. Dalam konstruksi suatu sistem jaringan perpipaan dan pekerjaan sipil, ada beberapa proses yang harus dipertimbangkan supaya konstruksi sesuai dengan *quality plan*. Proses-proses tersebut meliputi persiapan proyek, penyambungan pipa, penggalian tanah, penempatan (pengeboran) di dalam tanah, pemasangan aksesoris, pengetesan tekanan (*hidrostatic test*), *flushing* dan *desinfectant*, singgem (*interconnection*) pipa baru ke pipa lama (*existing*), perbaikan galian (*reinstatement*), pekerjaan jembatan pipa, bak (*chamber/manhole*), dan proses penutupan proyek.

Perusahaan Daerah Air Minum Jakarta (PAM Jaya) bersama PT PAM Lyonnaise Jaya (Palyja), bermitra dengan tujuan untuk meningkatkan pelayanan serta memperluas akses air perpipaan bagi masyarakat di Bagian Barat DKI Jakarta. Palyja mulai beroperasi pada tanggal 1 Februari 1998 dan bertanggung jawab atas seluruh pengoperasian, pemeliharaan seluruh infrastruktur, dan pelayanan pelanggan.

Wilayah kerja Palyja disajikan pada Gambar 1. Menurut Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum 2018 (BPPSPAM), penilaian kinerja dilakukan terhadap 4 (empat) aspek sesuai Surat Keputusan Ketua BPPSPAM N. 002/KPTS/K-6/ IV/2010 tentang Penilaian Kinerja Pelayanan Penyelenggaraan SPAM Pada Perusahaan Daerah Air Minum, yang terdiri dari aspek keuangan, pelayanan, operasional, dan sumber daya manusia.



Gambar 1 Peta Pembagian wilayah kerja air bersih di DKI Jakarta.

Sumber: Aetra, 2019.

Permasalahan yang terjadi pada konstruksi pemipaan dan pekerjaan sipil air minum adalah terjadinya keterlambatan pekerjaan. Hal tersebut dikarenakan belum diterapkannya manajemen risiko yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan memitigasi risiko yang terjadi terutama dalam konstruksi jaringan *piping* dan pekerjaan sipil.

Metode *House of Risk* (HOR) banyak diadopsi pada industri manufaktur dalam rangka mitigasi risiko berdasarkan analisis *risk event*, *risk agent*, dan *risk potential*. Metode HOR telah digunakan untuk menganalisis penyebab risiko dan mitigasi risiko pada divisi pengadaan jasa pelabuhan (Trenggono et al., 2017), pembangunan tower operator seluler (Nurdryanto & Suparno, 2014), proses impor *Completely Knock Down* (Almanar, 2013), dan pengembangan produk minuman *yoghurt* (Wahyudin & Santoso, 2016). HOR juga digunakan beberapa peneliti dalam menganalisis risiko pada rantai pasok antara lain Tampubolon et al (2013) pada perusahaan produsen pipa baja, Ulfahet al (2016) pada gula rafinasi, Kristanto & Luh (2014) pada bahan baku kulit, Kusnindah et al (2014) pada perusahaan BUMN yang bergerak di bidang produksi, perdagangan serta distribusi garam, Ma et al (2017) pada manufaktur. Kajian manajemen risiko pada proyek pemipaan IPA

Kaligarang-Semarang Barat dilakukan oleh Purbaetal (2015) dengan menggunakan korelasi antara manajemen risiko dan *Work Breakdown Structure* (WBS). Listianti et al. (2017) mengidentifikasi risiko konsultan perencanaan jalan dan jembatan.

Proyek konstruksi pemipaan dan pekerjaan sipil tidak terlepas dari berbagai risiko. Bila suatu risiko konstruksi terjadi, sektor bisnis juga akan ikut terserang akibatnya akan mempengaruhi aspek penilaian kinerja perusahaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi risiko, menganalisis risiko, mengevaluasi risiko dan merespons risiko pada proyek konstruksi utilitas *piping* dan sipil. Dengan identifikasi prioritas manajemen risiko diharapkan berdampak pada keberlangsungan proyek agar dapat selesai tepat waktu, tidak terjadi pembengkakan biaya dan tujuan proyek dapat tercapai sesuai yang diharapkan. Keterlambatan proyek menyebabkan penjualan air minum tidak tercapai, belanja modal CAPEX (*Capital Expenditure*) dan *Operating Expenditure* (OPEX) tidak terserap, upaya untuk menurunkan tingkat kehilangan air (NRW) tidak tercapai, kepuasan pelanggan menurun serta mengecewakan pihak-pihak pemangku kepentingan.

2. Metode

Analisis manajemen risiko konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil dengan aplikasi model *House of Risk* (HOR) terbagi dalam empat tahap, tahap pertama yaitu tahap identifikasi awal dimana tahap ini dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada pada lokasi penelitian. Tahap kedua adalah tahap pengumpulan data, yang terdiri dari pemetaan dan identifikasi risiko dan agen risiko. Pemetaan pada aktifitas tahap proyek dari mulai sampai penutupan proyek konstruksi, siklus proyek, mempelajari standar dan prosedur, pihak-pihak yang terlibat dan terkait dengan cara *brainstorming* dan membuat kuisisioner mengenai risiko yang terjadi, sumber penyebab risiko, dimana risiko berada dan bagaimana risiko itu muncul. Identifikasi risiko dan sumber risiko/penyebab risiko dilakukan dengan cara observasi lapangan, wawancara (*interview*) terhadap pihak manajemen perusahaan, data kuisisioner dan *brainstorming* dengan tim di konstruksi yang relevan. Hasil pengukuran identifikasi kejadian risiko dan agen risiko untuk menentukan skala *severity* (tingkat keparahan) dan *occurance* (tingkat kemungkinan terjadi).

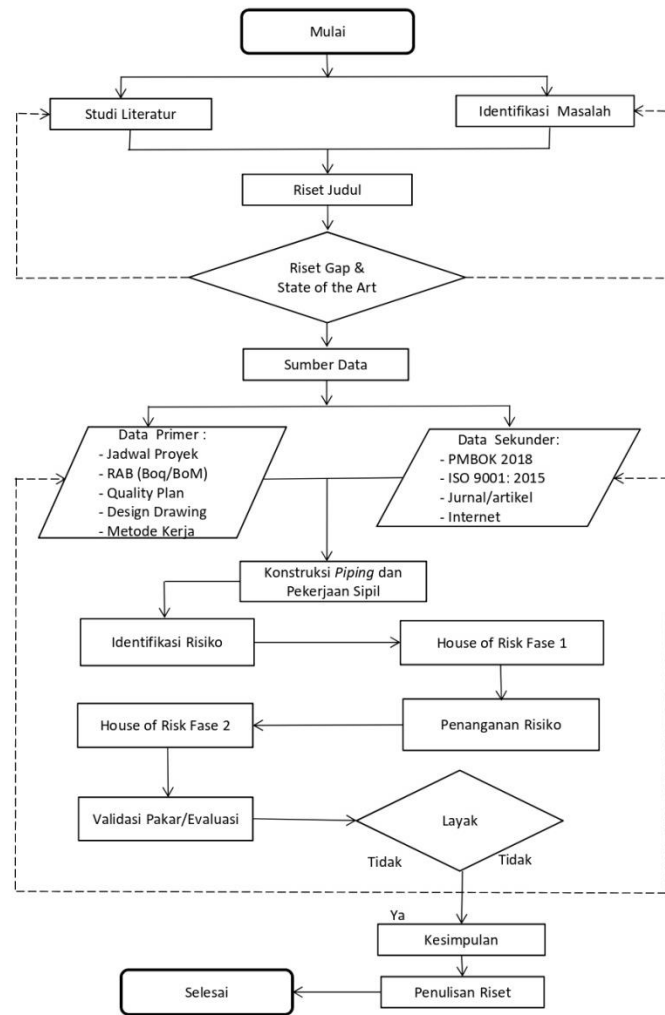
Tahap ketiga adalah tahap pengolahan data, meliputi analisis risiko yaitu menentukan tingkat dampak (*severity*) dari kejadian risiko dan peluang kemunculan atau keseringan (*occurance*), dan penilaian tingkat korelasi yang kemudian dipetakan pada model HOR fase 1 dengan hasil akhir adalah nilai *aggregate risk priority* atau *Aggregate Risk Potensial* (ARP). Dari hasil tersebut, kemudian dirangking dengan menggunakan prinsip pareto 80/20 untuk menghasilkan agen risiko terpilih. Selanjutnya diidentifikasi aksi mitigasi yang kemudian dipetakan pada model HoR fase 2 bersamaan dengan agen risiko terpilih. Pada fase HOR 2 dihitung nilai total keefektifan aksi mitigasi (TE_k), derajat kesulitan melakukan aksi mitigasi (D_k) dan total keefektifan derajat kesulitan melakukan aksi mitigasi (ETD_k).

Tahap keempat adalah tahap penarikan kesimpulan dan saran, dimana setelah diperoleh pemecahan masalah, maka langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan. Kesimpulan yang ditarik nantinya dapat menjawab tujuan penelitian yang dilakukan. Selain itu juga dapat memberikan saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Identifikasi tingkat keparahan (*severity*)

Identifikasi tingkat keparahan (*severity*) adalah besarnya gangguan yang ditimbulkan oleh kejadian risiko (E) pada tahap aktifitas proyek konstruksi. Nilai atau tingkat skala dari 1 sampai 10 dimana nilai 1 berarti hampir tidak ada efek kegagalan/gangguan terjadi dan nilai 10 artinya pasti terjadi efek kegagalan. Tabel 1 tersisa 60 *risk event* (E) dari semula diidentifikasi 120 *risk event*.



Gambar 2 Alur penelitian manajemen risiko pada piping dan pekerjaan sipil.

Tabel 1 Hasil identifikasi tingkat keparahan (*severity*)

Aktifitas Proyek Konstruksi	Kode	Risk Event (E)	Nilai rata-rata severity (Si)
Persiapan Proyek	E1	Terlambatnya proses mobilisasi sumber daya saat persiapan proyek	6
	E2	Terlambatnya dimulainya proyek akibat protes warga di sekitar lokasi proyek	2
	E3	Posisi gudang/bedeng Pelaksana yang jauh dari lokasi proyek	3
Penyambungan antar pipa	E4	Terlambatnya pengadaan peralatan <i>welding</i> pipa	2
	E5	Menurunnya efektifitas pekerjaan karena jumlah peralatan <i>welding</i> pipa	5
	E6	Hilangnya peralatan ringan untuk penyambungan pipa	2
	E7	Ketidakcocokan kapasitas peralatan <i>welding</i> pipa yang digunakan dengan yang direncanakan	2
	E8	Berhentinya pekerjaan penyambungan pipa karena tidak tersedianya stand-by peralatan <i>welding</i>	2
	E9	Menurunnya produktivitas karena kurangnya kemampuan operator peralatan saat penyambungan pipa	3
	E10	Terlambatnya pengadaan material pipa dan aksesoris saat penyambungan	6

Aktifitas Proyek Konstruksi	Kode	Risk Event (E)	Nilai rata-rata severity (Si)
	E11	Kerusakan material pipa akibat kesalahan penyimpanan dan pemindahan	6
	E12	Terjadinya kekurangan kebutuhan jumlah pekerja saat penyambungan	2
	E13	Menurunnya produktivitas tenaga kerja saat penyambungan pipa	2
	E14	Terlambatnya penyambungan pipa karena kurangnya tenaga ahli	2
	E15	Terlambatnya pekerjaan penyambungan pipa akibat kurangnya pemahaman pekerja terhadap pekerjaan	3
	E16	Terlambatnya pekerjaan penyambungan akibat situasi <i>site lay-out</i>	5
	E17	Gagalnya Uji Tarik (<i>Tensile test</i>)	2
	E18	Gagalnya Uji NDT (<i>Penetrant test</i>) untuk Pipa steel	2
Penggalian Tanah (metode <i>open cut</i> , <i>manual boring</i> , <i>Jacking mesin</i> , dan <i>Horizontal Drilling Directional</i>)	E19	Terlambatnya pengadaan alat untuk penggalian	3
	E20	Menurunnya efektivitas pekerjaan penggalian karena kekurangan jumlah	6
	E21	Hilangnya peralatan ringan saat penggalian tanah	3
	E22	Ketidakkcocokan kapasitas yang digunakan dengan yang direncanakan	2
	E23	Berhentinya pekerjaan karena tidak tersedianya alat	6
	E24	Berhentinya pekerjaan akibat kesalahan <i>survey</i> rencana trase dan <i>lay-out</i>	4
	E25	Terlambatnya pengadaan material saat penggalian	5
	E26	Terjadi ketidakesuain kebutuhan jumlah pekerja penggalian	3
	E27	Menurunnya produktivitas tenaga kerja saat penggalian	3
	E28	Borosnya waktu pekerjaan penggalian tanah karena metode konstruksi pipa yang digunakan	5
	E29	Terlambatnya pekerjaan penggalian karena kurangnya tenaga ahli	2
	E30	Menurunnya produktivitas akibat <i>overcrowding</i> di lokasi pekerjaan penggalian tanah	6
	E31	Menurunnya produktivitas akibat kurangnya ketersediaan penerangan di lokasi penggalian tanah	2
	E32	Rendahnya kualitas cairan <i>additive</i> untuk pengeboran HDD	2
	E33	Terlambatnya pekerjaan galian tanah karena gangguan lalu lintas	6
	E34	Terlambatnya pekerjaan galian tanah karena gangguan alam	5
Penempatan pipa di dalam tanah	E35	Terjadi kerusakan pada peralatan penempatan pipa (<i>manual</i> , <i>jacking</i> dan HDD)	5
	E36	Terlambatnya pekerjaan karena peralatan penempatan yang digunakan tidak sesuai	2
	E37	Terlambatnya pengadaan peralatan penempatan pipa	2
	E38	Menurunnya efektivitas pekerjaan karena kekurangan jumlah peralatan penempatan pipa	2
	E39	Ketidakkcocokan kapasitas peralatan penempatan yang digunakan dengan yang direncanakan	2
	E40	Berhentinya pekerjaan penempatan karena tidak tersedianya <i>stand-by</i> peralatan pengeboran	3
	E41	Menurunnya produktivitas karena kurangnya kemampuan operator peralatan penempatan	3
	E42	Terlambatnya pekerjaan akibat kesalahan <i>survey</i> rencana trase dan <i>lay-out</i>	5
	E43	Terlambatnya pekerjaan penempatan Pipa karena tanah berbatu	2
	E44	Terlambatnya pengadaan material pipa saat penempatan	2
	E45	Kerusakan material pipa akibat kesalahan penyimpanan dan pemindahan	2
	E46	Terjadi kesalahan manusia saat penempatan	2
	E47	Terjadi kekurangan jumlah pekerja saat penempatan	3
	E48	Menurunnya produktivitas tenaga kerja saat penempatan	2
	E49	Borosnya waktu pekerjaan karena metode konstruksi pipa yang digunakan	3
	E50	Terlambatnya pekerjaan penempatan karena kurangnya tenaga ahli	2
	E51	Terlambatnya pekerjaan penempatan pipa akibat kurangnya pemahaman pekerja terhadap pekerjaan	3
	E52	Menurunnya produktivitas penempatan akibat <i>overcrowding</i> dilokasi pekerjaan	2

Aktifitas Proyek Konstruksi	Kode	Risk Event (E)	Nilai rata-rata severity (Si)	
	E53	Menurunnya produktivitas penempatan akibat kurangnya ketersediaan penerangan	5	
	E54	Terlambatnya pekerjaan karena pipa menghantam utilitas dan struktur di dalam tanah	6	
	E55	Terlambatnya penempatan pipa akibat kondisi muka air tanah	5	
	E56	Terlambatnya penempatan pipa karena gangguan banjir	5	
	E57	Terlambatnya penempatan pipa karena gangguan hujan deras	6	
	E58	Terlambatnya penempatan pipa karena gangguan lalu lintas	6	
	E59	Terlambatnya penempatan pipa karena banyaknya utilitas eksisting di lokasi pekerjaan	8	
	Pekerjaan Pemasangan aksesoris pipa (TEE, Valve, Reducer, dll)	E60	Terlambatnya pengadaan peralatan instalasi aksesoris	7
		E61	Menurunnya efektivitas pekerjaan instalasi aksesoris karena kekurangan jumlah peralatan	5
E62		Ketidakcocokan kapasitas peralatan yang digunakan dengan yang direncanakan pada instalasi aksesoris	6	
E63		Berhentinya pekerjaan instalasi aksesoris dsb karena tidak tersedianya <i>stand-by</i> peralatan	5	
E64		Menurunnya produktivitas pekerjaan instalasi dsb karena kurangnya kemampuan operator peralatan	5	
E65		Terlambatnya pengadaan material aksesoris	8	
E66		Kehilangan material aksesoris	2	
E67		Kerusakan material aksesoris akibat kesalahan penyimpanan dan pemindahan	5	
E68		Kesalahan dalam penggunaan material aksesoris	3	
E69		Terjadi ketidaksesuaian kebutuhan jumlah pekerja saat pekerjaan aksesoris	5	
E70		Menurunnya produktivitas tenaga kerja saat pekerjaan aksesoris	3	
E71	Terlambatnya pekerjaan karena kurangnya tenaga ahli saat pekerjaan aksesoris	5		
Pengetesan tekanan air pada pipa	E72	Terlambatnya pengadaan peralatan pengetesan tekanan air	2	
	E73	Menurunnya efektivitas pekerjaan pengetesan tekanan karena kekurangan jumlah peralatan	2	
	E74	Ketidakcocokan kapasitas pompa dan genset yang digunakan dengan yang direncanakan	2	
	E75	Berhentinya pekerjaan karena tidak tersedianya <i>stand-by</i> pompa dan genset	2	
	E76	Terlambatnya pengadaan material saat pekerjaan pengetesan	2	
	E77	Terjadi kekurangan pekerja saat pengetesan tekanan	2	
	E78	Logger bermasalah (tidak sesuai/rusak)	3	
	E79	Manometer bermasalah (tidak sesuai/rusak)	5	
	E80	Terjadi kebocoran pipa saat pengetesan tekanan	5	
Flushing dan pemberian desinfectant	E81	Terlambatnya pengadaan peralatan <i>flushing</i> dan <i>desinfectant</i>	2	
	E82	Menurunnya efektivitas pekerjaan pengetesan tekanan karena kekurangan jumlah peralatan <i>flushing</i> dan <i>desinfectant</i>	2	
	E83	Ketidakcocokan kapasitas pompa dan genset yang digunakan dengan yang direncanakan	2	
	E84	Berhentinya pekerjaan karena tidak tersedianya <i>stand-by</i> peralatan <i>flushing</i> dan <i>desinfectant</i>	2	
	E85	Terlambatnya pengadaan material <i>desinfectant</i> (klorin)	2	
	E86	Terjadi kekurangan pekerja saat pekerjaan <i>flushing</i> dan <i>desinfectant</i>	2	
Interkoneksi pipa baru ke pipa eksisting	E87	Terlambatnya pengadaan peralatan interkoneksi dengan pipa eksisting	7	
	E88	Menurunnya efektivitas pekerjaan karena kekurangan jumlah peralatan interkoneksi (<i>welding</i> dan <i>hot tapping</i>)	6	
	E89	Hilangnya peralatan ringan untuk interkoneksi ke pipa eksisting	2	
	E90	Ketidakcocokan kapasitas peralatan (<i>welding</i> dan <i>hot tapping</i>) yang digunakan dengan yang direncanakan	6	
	E91	Berhentinya pekerjaan karena tidak tersedianya <i>stand-by</i> peralatan <i>welding</i> dan <i>hot tapping</i>	5	
	E92	Terlambatnya pengadaan material <i>fitting</i>	7	

Aktifitas Proyek Konstruksi	Kode	Risk Event (E)	Nilai rata-rata severity (S _i)
	E93	Kehilangan material <i>fitting</i>	2
	E94	Kesalahan dalam penggunaan material <i>fitting</i>	5
	E95	Terjadi kekurangan pekerja saat pekerjaan interkoneksi	5
	E96	Menurunnya produktivitas tenaga kerja saat pekerjaan interkoneksi	3
	E97	Terlambatnya pekerjaan interkoneksi akibat durasi waktu kerja yang diijinkan di lapangan	6
	E98	Menurunnya produktivitas akibat kurangnya ketersediaan penerangan saat pekerjaan interkoneksi	5
	E99	Terlambatnya pengadaan material dan peralatan saat pekerjaan sipil	4
	E100	Menurunnya efektivitas pekerjaan karena kekurangan jumlah roller, stamper, sekop dan mixer saat pekerjaan sipil	2
Thrust Block, Chamber dan Abutment	E101	Hilangnya peralatan ringan saat pekerjaan sipil	2
	E102	Berhentinya pekerjaan karena tidak tersedianya <i>stand-by</i> peralatan cadangan saat pekerjaan sipil	2
	E103	Pelaksana kesulitan dalam mendapatkan supplier beton yang sesuai	3
	E104	Pelaksana kesulitan dalam mendapatkan besi, triplek dan balok sebagai <i>form work</i>	2
	E105	Adanya permintaan <i>owner</i> untuk mempercepat pekerjaan saat pekerjaan sipil	5
	E106	Kekurangan pekerja ahli sipil	3
	E107	Dimensi dan galian tidak bisa sesuai standar karena banyaknya utilitas di saat pekerjaan sipil	6
	E108	<i>Supplier</i> beton tidak ada nya pengujian <i>slump test</i> dan kuat tekan beton	5
Perbaikan Galian (reinstatement)	E109	Hilangnya peralatan <i>stamper</i> dan <i>roller</i>	2
	E110	Material <i>reinstatement</i> yang direncanakan terpakai di proyek lain	3
	E111	Lamanya proses pemesanan bahan <i>reinstatement</i> (aspal, beton, sirtu, makadam)	4
	E112	Menurunnya produktivitas tenaga kerja saat pekerjaan <i>reinstatement</i>	2
	E113	Terlambatnya pengadaan material paat pekerjaan <i>reinstatement</i>	2
	E114	Perbedaan <i>reinstatement</i> antara existing dan standard perbaikan <i>reinstatement</i>	5
Rekonsiliasi Material & Penutupan proyek	E115	Terlambatnya penyelesaian <i>As Build Drawing</i> (ABD)	7
	E116	Terlambatnya pekerjaan karena adanya sisa-sisa material dan peralatan di lokasi proyek	6
	E117	Terlambatnya Survey 100%	2
	E118	Terlambatnya Pembuatan <i>Contractor Performance Evaluasi</i> (CPE)	2
	E119	Terlambatnya pembuatan ICS, IPVR, PO Rev	2
	E120	Terlambatnya Serah Terima Operasional (<i>Hand Over</i>)	6

Hasil Olahan Data Primer

*)Seleksi *risk event* dengan nilai *severity* ≥ 4 .

Identifikasi tingkat keseringan terjadi (*occurrence*)

Identifikasi tingkat keseringan terjadi (*occurrence*) merupakan tingkat peluang munculnya suatu penyebab risiko (A). Skala yang digunakan dalam penentuan peluang kemunculan suatu agen risiko menggunakan skala 1 – 10 (semakin besar angka semakin besar kemunculan atau tingkat keseringan terjadi). Data penyebab risiko (risk agent) berisi penyebab risiko (A) pada tahap aktifitas proyek konstruksi utilitas perpipaan dan sipil pada tahap aktifitas proyek konstruksi. Data diperoleh dengan menghitung peluang kejadian pada *record* berdasarkan *brainstorming*, wawancara dengan pengalaman ahli yang kompeten dan studi literatur. Hasil identifikasi tingkat *occurrence* disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 tersisa 40 *risk event* (E) dari sebelumnya 60 *risk event*.

Tabel 2 Hasil identifikasi tingkat keseringan terjadi (*occurrence*)

Kode	Penyebab/Sumber Risiko (Risk Agent)	Occurrence (O _i)
A 1	Terlambatnya proses pembuatan <i>purchase order</i> (PO)	4
A 2	Kekurangan Kelengkapan <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	5
A 3	Kesalahan <i>work permit</i> dan proposal pelaksanaan	5
A4	Kesalahan pembuatan ijin lingkungan RT/RW, lurah, camat, Sudin terkait	2

Kode	Penyebab/Sumber Risiko (Risk Agent)	Occurance (O _i)
A5	Kesalahan dalam pembuatan <i>design drawing</i>	3
A 6	Lamanya proses approval untuk alterasi	6
A 7	Lamanya re-desain karena perubahan design (material, metode dll)	7
A 8	Tuntutan dari pemilik lahan	5
A 9	Penolakan rencana pemasangan jaringan oleh warga sekitar	4
A 10	Permintaan tali asih yang tinggi oleh warga	4
A 11	Birokrasi internal yang memakan waktu lama dan terbelit-belit	6
A 12	Tidak keluarnya ijin dari SDPU dan SUDIN terkait	5
A 13	Pasokan material bahan utama dan material Penolong yang terlambat	8
A 14	Persediaan material kurang di logistik	8
A15	Kesalahan tanda marking di material	1
A 16	Supplier tidak memenuhi order material	6
A 17	Perbedaan dimensi dan spesifikasi material (OD, PN, SDR) pada eksisting	5
A 18	Kerusakan mesin las	4
A 19	Kerusakan peralatan boring (manual, jacking, HDD)	4
A 20	Kerusakan mesin Pompa (<i>dewatering</i>)	6
A 21	Kesalahan <i>set-up</i> mesin	4
A 22	Kurangnya maintenance pada mesin	4
A 23	Terganggunya pasokan listrik dan genset	4
A 24	Pelaksana memiliki kualifikasi yang kurang	4
A 25	Kurangnya pengawasan pelaksana proyek di lapangan	6
A 26	Tenaga Kerja tidak kompetensi	5
A 27	Keterbatasan jumlah tenaga kerja	7
A28	<i>Human error</i>	2
A 29	Gangguan komunikasi	4
A30	Adanya pemogokan kerja dari Pekerja	2
A 31	kelalaian tenaga kerja	4
A 32	Gangguan teknis penutupan Inlet valve	5
A 33	Gangguan Sistem di <i>Project monitoring system</i> (PMS)	4
A 34	Kesalahan dalam <i>survey</i> desain	5
A 35	Permintaan Perubahan mendadak dari <i>customer</i>	4
A 36	Permintaan Perubahan mendadak dari <i>owner</i>	4
A37	Bencana alam atau cuaca buruk	2
A38	Kebakaran	1
A39	Evaluasi teknis dalam Prosedur kerja kurang	3
A40	Kenaikan harga (inflasi)	1
A41	Perubahan kebijakan perusahaan	1
A42	Perencanaan order tidak sesuai	2
A 43	Kesalahan pemilihan kontraktor	5
A44	Karyawan baru atau dalam proses training	2
A45	Kesalahan <i>entry data</i>	1
A46	Kontraktor tidak memenuhi kontrak	2
A47	Kesalahan pada proses pemesanan material dan alat	2
A 48	Proses inspeksi pekerjaan tidak sempurna	4
A49	Identitas material tidak sesuai standard	1
A50	Alat transportasi tidak memadai	1
A51	Jarak tempuh jauh	2
A52	Prosedur dan metode kerja kurang jelas	1
A 53	Pengabaian prosedur dan metode kerja oleh karyawan	5
A 54	Jam kerja berlebih	5
A 55	Target pekerjaan relatif tinggi	6
A 56	Tidak tersedianya tempat penyimpanan (<i>warehouse</i>) yang layak	4
A57	Terjadi penumpukan material terlalu lama	1
A 58	Pengujian hanya secara visual	5
A 59	Tidak ada Jaminan mutu (<i>Quality Assurance</i>)	4
A 60	Tidak ada <i>Quality Control</i>	5

^a)Seleksi *risk agent* dengan nilai *occurance* ≥ 4 .

Identifikasi Korelasi

Analisis korelasi dilakukan berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak manajemen untuk menentukan seberapa besar hubungan masing-masing karakteristik antara kejadian risiko dengan sumber risiko dan

hubungan antara risiko dengan risiko lainnya. Hubungan antara sumber risiko dan kejadian risiko lainnya diberi nilai 0, 1, 3, atau 9 $R_{ij}(0, 1, 3, 9)$ dimana 0 menunjukkan tidak ada korelasi dan 1, 3, 9 berturut-turut menunjukkan korelasi rendah, sedang, atau tinggi.

Analisa Agregat Risk Priority (ARP)

ARP diperoleh dari hasil perkalian probabilitas sumber risiko dengan dampak kerusakan terkait risiko itu terjadi. Sumber risiko yang timbul akan menyebabkan terjadinya beberapa kejadian risiko, karena itu penting untuk menghitung nilai ARP dari sumber risiko. ARP ini akan digunakan untuk menentukan prioritas sumber risiko mana yang perlu dilakukan mitigasi. Nilai ARP diperoleh dengan menggunakan persamaan (1) berikut ini.

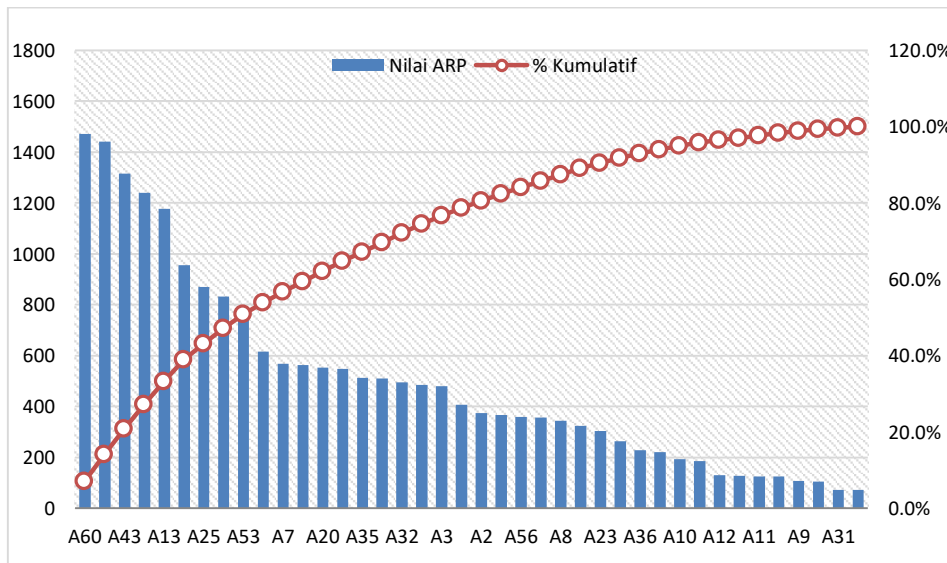
$$ARP_j = O_j \sum S_i R_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

Berikut contoh perhitungan ARP_1 , semua hasil dari perhitungan ARP dapat dilihat pada tabel HOR fase 1.

$$ARP_1 = 4 \times \sum [3(6 + 4) + 1(6 + 5 + 6 + 8)] = 4 \times (30+25) = 220 \text{ dan seterusnya.}$$

Analisis House of Risk Fase 1

HOR fase 1 yang merupakan *output* dalam tahapan awal dapat dilihat pada Lampiran 1. HOR fase 1 digunakan untuk menentukan sumber risiko mana yang diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perbaikan pencegahan atau mitigasi risiko. Adapun hasil dari pemetaan atau identifikasi model HOR fase 1 tersebut diranking dengan menggunakan diagram Pareto yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan menggunakan prinsip Pareto 80/20, agen risiko terpilih yang akan dijadikan bahan pertimbangan dalam penyusunan aksi mitigasi risiko ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 2 Diagram Pareto ARP agen risiko.

Tabel 3 Agen risiko terpilih berdasarkan diagram *Pareto*

No	A	ARP	Agen Risiko	%	% Kumulatif
1	A60	1470	Tidak ada jaminan mutu (<i>Quality Assurance</i>)	7.12%	7.12%
2	A59	1440	Tidak ada <i>Quality Control</i>	6.98%	14.10%
3	A43	1315	Kesalahan pemilihan kontraktor	6.74%	20.84%
4	A24	1240	Pelaksana memiliki kualifikasi yang kurang	6.37%	27.22%
5	A13	1176	Pasokan material bahan utama dan material penolong yang terlambat	6.01%	33.23%

Agen risiko ini kemudian dimasukkan kedalam model HOR fase 2 untuk perancangan aksi mitigasi. Aksi mitigasi adalah tindakan untuk mengurangi dampak dari suatu agen risiko sebelum risiko itu terjadi. Alternatif

aksimitigasi diperoleh dari *brainstorming*. Fokus perancangan aksi mitigasi ini berdasarkan dari agen risiko terpilih (5). Adapun alternatif aksi mitigasi yang dapat dilakukan seperti pada Tabel 4.

Perancangan strategi penanganan risiko

Berdasarkan kelima agen risiko yang ditunjukkan oleh diagram Pareto maka direkomendasikan beberapa rencana strategi penanganan yang dapat memungkinkan untuk mengeliminasi atau munculnya agen risiko tersebut. Tabel 4 menyajikan beberapa strategi yang dapat direkomendasikan berdasarkan agen risiko yang telah dipilih, yaitu 38 strategi penanganan yang dapat digunakan untuk mengeliminasi agen risiko.

Tabel 4 Daftar opsi strategi penanganan risiko dari agen terpilih

Agen Risiko	Kode	Aksi Mitigasi
Tidak ada jaminan mutu (Quality Assurance)	A60	PA 1 Melaksanakan sertifikasi ISO manajemen mutu 9001:2015
		PA 2 Membuat risk assessment
		PA 3 Membuat perencanaan jangka pendek dan jangka panjang
		PA 4 melakukan audit kualitas (Quality Audit)
		PA 5 melakukan analisa proses (Process Analysis)
		PA 6 melakukan Quality Management dan Control Tools
		PA 7 melakukan tindakan perbaikan (Corrective Action)
		PA 8 Membuat <i>Work Instruction</i> dan <i>Standard Operation Procedure</i>
		PA 9 Membentuk QA/QC secara independen/kerjasama
		PA 10 Membuat ceklist, form dan rekaman hasil berdasarkan standar yang berlaku
Tidak ada Quality Control	A59	PA 11 Membuat sasaran mutu/Quality Plan
		PA 12 Membuat evaluasi sasaran mutu/Quality Plan
		PA 13 Membuat briefing, jadwal dan monitoring secara rutin
		PA 14 Mengikuti dan mematuhi standar dan prosedur yang berlaku
		PA 15 Melakukan inspeksi dan pengecekan secara berkala
		PA 16 Melakukan pengujian atau pengetesan dengan ketentuan yang berlaku
		PA 17 Melakukan pengujian atau pengetesan di lab atau independen
		PA 18 Menyiapkan alat pengujian atau pengetesan cadangan
		PA 19 Kalibrasi alat pengujian atau pengetesan cadangan
		PA 20 Evaluasi kinerja konstruksi
Kesalahan pemilihan kontraktor	A43	PA 21 Membuat evaluasi CPE (Contractor Performance Evaluation)
		PA 22 Peninjauan kontrak (<i>Contract Review</i>)
		PA 23 Melakukan studi banding
		PA 24 Mengganti dengan kontraktor yang lebih profesional dan kompetensi
		PA 25 Pemutusan kontrak secara sepihak
Pelaksana memiliki kualifikasi yang kurang	A24	PA 26 Melakukan pelatihan (Training) mengenai prosedur dan standard secara berkala
		PA 27 Sertifikasi keahlian oleh lembaga yang berwenang sesuai dengan bakat dan minat
		PA 28 Melakukan workshop atau demonstrasi pekerjaan terkait
		PA 29 Melakukan studi banding
		PA 30 Sosialisasi mengenai pengembangan material dan teknologi terbaru
Pasokan material bahan utama dan material penolong yang terlambat	A13	PA 31 Berkoordinasi dengan pihak suplier atau logistik mengenai ketersediaan material
		PA 32 Melakukan evaluasi kinerja logistik
		PA 33 Melakukan evaluasi kinerja Procurement
		PA 34 Melakukan evaluasi kinerja Finance
		PA 35 Melakukan evaluasi kinerja Pelaksana/kontraktor pada saat mengambil material
		PA 36 Menyiapkan suplier alternatif
		PA 37 Meminjam material milik pelaksana/kontraktor untuk sementara
		PA 38 Meningkatkan koordinasi antar departemen/bagian

Korelasi Strategi Penanganan dengan Agen Risiko

Analisis House of Risk Fase 2

Setelah menyelesaikan tahapan pada HOR 1, selanjutnya tahap HOR 2 berupa perancangan strategi aksi mitigasi untuk memberikan prioritas tindakan dengan mempertimbangkan sumber daya yang efektif. Pada tahap HOR 2 dilakukan perhitungan total efektivitas dari tiap tindakan dengan rumus:

$$TE_k = \sum_j ARP_j E_{jk} \forall k \dots\dots\dots (2)$$

Contoh perhitungan;

$TE_1 = \Sigma [(1470 \times 3) + (1440 \times 3) + (1176 \times 3)] = 12258$ dan seterusnya.

Hasil perhitungan *Total Efektiveness* dan penilaian *Degree of Difficulty* dapat dilihat pada tabel HOR fase 2.

Adapun hasil pemetaan aksi mitigasi pada HOR fase 2 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rangkaian prioritas aksi mitigasi

Rangking	Aksi Mitigasi	Nilai ETD _k
1	Membentuk QA/QC secara independen/kerjasama,	5944
2	Melakukan tindakan perbaikan (<i>Corrective Action</i>),	4524
3	Melakukan pengujian atau pengetesan dengan ketentuan yang berlaku,	4320
4	Melaksanakan sertifikasi ISO manajemen mutu 9001:2015 dan	3064.5
5	Melakukan pelatihan (<i>Training</i>) mengenai prosedur dan standar yang berlaku secara berkala.	3720

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Dari hasil identifikasi risiko menggunakan pendekatan model *House of Risk* 1 terdapat 60 risiko dan 40 sumber risiko yang teridentifikasi pada keseluruhan tahapan proses aktivitas konstruksi *piping* dan sipil. Dari HOR 1 diketahui bahwa sumber risiko (*risk agent*) dapat pula menyebabkan berbagai kejadian risiko (*risk event*) dengan nilai bobot tertentu. Hasil output dari HOR 1 merupakan input pada HOR 2 yang merupakan *framework* aksi mitigasi untuk sumber risiko.
2. Dari HOR 2 diperoleh 38 aksi mitigasi yang diprioritaskan untuk direalisasikan berdasarkan ranking yaitu; membentuk QA/QC secara independen/kerjasama, melakukan tindakan perbaikan (*corrective action*), melakukan pengujian atau pengetesan dengan ketentuan yang berlaku, melaksanakan sertifikasi ISO manajemen mutu 9001:2015 dan melakukan pelatihan (*training*) mengenai prosedur dan standar yang berlaku secara berkala.

Saran

Perlu diteliti kebutuhan pengguna yang lebih heterogen melibatkan perusahaan lainnya karena selain Perusahaan Air, baik BUMD maupun swasta banyak yang melakukan konstruksi utilitas *piping* dan pekerjaan sipil sehingga sistem yang dibangun benar-benar menggambarkan manajemen risiko dan aksi mitigasi dini dari pengguna konstruksi tersebut.

Referensi

- Agustina, Evy P. *et al* (2015). Analisa Manajemen Risiko pada Proyek PDAM Semarang (Studi Kasus: Proyek Pemipaan IPA Kaligarang Semarang Barat) (Vol. 4, pp. 274–282).
- Almanar, Thalita Putri (2013). Manajemen Risiko dan Aksi Mitigasi Risiko dengan Metode House of Risk (HOR) pada Proses Impor CKD di PT. Astra Daihatsu Motor. *School of Industrial Engineering, Binus University*.
- Anspach, J. H. (2013). New ASCE Utility Design and Construction Standards. In *Pipelines 2013@ Pipelines and Trenchless Construction and Renewals A Global Perspective* (pp. 1280–1287).
- Batubara, F. Y., Hasan, A., & Yulius, M. N. (2014). Identifikasi Faktor-Faktor Risiko yang Mempengaruhi Kinerja Waktu Proses Pemasangan Perpipaian Perusahaan Air Minum (Studi Kasus: Kabupaten Padang Pariaman).
- Cao, H., Ariaratnam, S. T., Lueke, J. S., Wei, H., Sun, P., & He, R. (2011). A Parametric Study Of Underground Utility Infrastructure in China.
- C.D. Murray, M. Osbak, A. B. (2013). Horizontal Directional Drilling Construction Risk Management Strategies in Pipelines (pp. 1055–1068).
- Gede, I. Putu Joni (2012). Risiko Manajemen Proyek. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 16 (1), 48–55.
- Govan, P., & Damjanovic, I. (2016). The Resource-Based View on Project Risk Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142 (9).

- Kristanto, Bayu K & Hariastuti, Ni Luh P (2014). Aplikasi Model House of Risk (HOR) untuk Mitigasi Risiko pada Supply Chain Bahan Baku Kulit. *Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Adhi Tama Surabaya*.
- Kusnindah, Cahya et al (2013). Pengelolaan Risiko pada Supply Chain dengan Menggunakan Metode House of Risk (Studi Kasus di PT. XYZ). *Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya*.
- Listianti, Ajeng et al. (2017). Identifikasi Risiko Konsultan Perencana Jalan dan Jembatan (Studi Kasus: Morowali Utara). *Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Trisakti*.
- Ma, H. L., & Wong, W. H. C. (2018). A fuzzy-based House of Risk assessment method for manufacturers in global supply chains. *Industrial Management and Data Systems*, 118(7), pp 1463–1476.
- Nuradryanto, Dimas N., & Suparno (2014). Analisis Manajemen Risiko Pembangunan Tower pada PT GAIA Engineering dengan Menggunakan Metode House of Risk. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI*.
- Onsarigo, L., Adamtey, S., & Atalah, A. (2014). Analysis of Horizontal Directional Drilling Construction Risks using the Probability-Impact Model: A Contractor's Perspective. In Shah Rahman & D. McPherson (Eds.), *Pipelines from Underground to the Forefront of Innovation and Sustainability* (pp. 1772–1783).
- Palyja. (2013). *Spesifikasi Teknis Pemasangan Pipa Air Bersih Palyja*. Edisi 1: Pam Lyonnaise Jaya. Jakarta.
- Project Management Institute (2018). *Pedoman Kerangka Ilmu Manajemen Proyek PMBOK Guide*. Edisi 6: Jakarta.
- Susilo, L.J & Kaho. V.R (2018). Manajemen Risiko ISO 31000:2018. *Panduan untuk Risk Leaders dan Risk Practitioners*. Grasindo: Jakarta.
- Trenggonowati, Lintang D., & Atmi Pertiwi, N. (2017). Analisis Penyebab Risiko dan Mitigasi Risiko dengan Menggunakan Metode House of Risk pada Divisi Pengadaan PT XYZ. *Journal Industrial Servicess (Vol. 3)*.
- Tampubolon, F., Bahaudin, A., & Ferdinant, P. F. (2013). Pengelolaan Risiko Supply Chain dengan Metode House of Risk. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 1, No. 3, Hal 222-226.
- Ulfah, Maria et al (2016). Analisis dan Perbaikan Manajemen Risiko Rantai Pasok Gula Rafinasi dengan Pendekatan House of Risk. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* Vol. 26 No. 1 Hal 87-103.
- Yoon, Y., Tamer, Z., & Hastak, M. (2015). Protocol to Enhance Profitability by Managing Risks in Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 31(5).
- Yusuf, A.M (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif & Penelitian Gabungan*. Kencana Prenadamedia Group. Jakarta.
- Wahyudin, N. E., & Santoso, I. (2016). Modelling of Risk Management for Product Development of Yogurt Drink Using House of Risk (HOR) Method. *The Asian Journal of Technology Management*, 9(2), 98.

Lampiran 2 House of Risk fase 2

Risk Agent	Aksi mitigasi /Proactive Action																																			ARPJ						
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	PA10	PA11	PA12	PA13	PA14	PA15	PA16	PA17	PA18	PA19	PA20	PA21	PA22	PA23	PA24	PA25	PA26	PA27	PA28	PA29	PA30	PA31	PA32	PA33	PA34	PA35		PA36	PA37	PA38			
A60	3	3	3	3	3	3	1	3	9	1																																1470
A59	3						1		9	3	3	3	1	1	1	9	1	1	1	1				1																		1440
A43			1				1	1		1	1																													1	1315	
A24			3	1	3			1		1																															1240	
A13	3	1	1	1			3	1	3	1																															1176	
TEk	12258	5586	10621	6826	8130	4410	7753	8141	29718	9521	5635	4320	4968	1440	1440	12960	1440	1440	1440	4968	3945	19083	4225	3945	1315	11160	3720	1240	1240	3720	10584	3528	3528	3528	1176	1176	1176	2491				
Dk	3	3	3	3	4	3	3	3	5	3	3	3	3	4	3	3	5	4	3	3	3	5	3	4	5	3	5	3	4	3	4	3	3	5	3	4	4	3				
ETDk	4086	1862	3540	2275	2033	1470	2584	2714	5944	3174	1878	1440	1656	360	480	4320	288	360	480	1656	1315	3817	1408	986	263	3720	744	413	310	1240	2646	1176	1176	706	392	294	294	830				
Rank	3	14	6	11	12	17	10	8	1	7	13	18	15	32	28	2	37	32	28	15	20	4	19	24	38	5	26	30	34	21	9	22	22	27	31	35	35	25				