

METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN BOW TIE ANALYSIS UNTUK MENGETAHUI RISIKO PADA PROGRAM PESAWAT N219 (STUDI KASUS PT. DIRGANTARA INDONESIA)

Nugroho Puji Rahmadi Sumarsono*, Singgih Saptadi

*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

Program pesawat N219 merupakan salah satu salah proyek terkini yang sedang dikembangkan oleh PT. Dirgantara Indonesia yang terus mengalami pemunduran jadwal akibat adanya kendala pada proses pengembangan dan sertifikasi pesawat. Akibat yang ditimbulkan oleh kendala yang ada bisa menimbulkan biaya penalti yang telah disepakati dalam kontrak dan juga risiko pembatalan kontrak. Selain itu, PT. Dirgantara Indonesia menghadapi tantangan untuk memasuki pasar sebelum pasar tersebut direbut oleh kompetitor. Analisis risiko pada penelitian ini merupakan sebuah analisis untuk mencari risiko dari keterlambatan program pesawat N219. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk menentukan tingkat risiko dari risiko-risiko yang telah diidentifikasi dan Bow Tie Analysis untuk menggambarkan penyebab dan akibat dari risiko serta tindakan untuk melakukan pencegahan maupun pemulihan terhadap risiko. Dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dapat ditentukan risiko yang memiliki nilai risk priority number (RPN) dan skor risiko yang melebihi batas dari nilai kritis. Strategi berupa tindakan preventif dan recovery diberikan berdasarkan penyebab dan dampak yang teridentifikasi.

Kata kunci: Bow Tie Analysis, FMEA, Risiko

Abstract

[Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method and Bow Tie Analysis to Know Risk in N219 Aircraft Program] *N219 Aircraft Program is one of the most recent projects that been developed by This project continues to experience schedule delays due to problems in the process of developing and certifying. The consequences caused by existing problems can lead to penalty fees agreed upon in the contract and also the risk of contract cancellation. In addition, Indonesian Aerospace Inc. faces the challenge of entering the market before the market is captured by competitors. The risk analysis in this study is an analysis to identify the risk of delay in aircraft program N219. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method and Bow Tie Analysis to Know Risk in N219 Aircraft Program. The method used in this study is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to determine the level of risk from the risks that have been identified and Bow Tie Analysis to describe the causes and impacts of risks and actions to carry out prevention and recovery of risks. By using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method, risk can be determined which has a risk priority number (RPN) value and risk score that exceeds the limit of the critical value to be given a risk management strategy. Strategies in the form of preventive and recovery measures are given based on identified causes and impacts.*

Keywords: Bow Tie Analysis, FMEA, Risk

*Penulis Korespondensi.
E-mail: nugroho.pujirs@students.undip.ac.id

1. Pendahuluan

Perkembangan Industri saat ini mengalami banyak perubahan, dengan adanya perdagangan bebas membuat setiap perusahaan jasa maupun manufaktur harus siap dihadapkan dengan persaingan yang sangat ketat di seluruh dunia. Dengan kondisi seperti ini, tuntutan atas peningkatan mutu dan kualitas produk maupun jasa terus meningkat jika dilihat dari segi permintaan. Perkembangan teknologi yang begitu pesat juga memaksa berbagai perusahaan untuk terus melakukan inovasi produk atau jasa yang dihasilkan. Hal ini juga berpengaruh terhadap perusahaan yang bergerak pada bidang industri penerbangan dengan produk berupa pesawat. Tidak hanya melalui produknya, perusahaan juga terus meningkatkan sasaran dan target untuk daerah dengan struktur geografis yang kurang memadai. Menghasilkan inovasi produk berupa pesawat memerlukan manajemen proyek yang baik agar proyek dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan rencana yang telah dibuat.

Manajemen proyek merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, peralatan, dan teknik untuk memproyeksikan kegiatan agar memenuhi persyaratan proyek (PMI, 2013). Proyek didefinisikan sebagai usaha sementara yang dilakukan untuk menghasilkan produk, jasa atau hasil yang unik (PMI, 2013). Manajemen proyek berfungsi untuk mengintegrasikan berbagai kriteria yang berkaitan dengan proyek diantaranya biaya, waktu, dan kualitas atau dikenal sebagai The Iron Triangle (Atkinson, 1999). Dalam mengintegrasikan kriteria yang ada terdapat risiko-risiko yang akan dihadapi baik itu risiko positif (opportunities) atau risiko negatif (threats). Semakin besar suatu kegiatan dan melibatkan begitu banyak hal seperti proyek-proyek maka akibat risiko yang dihadapi akan semakin sering dan semakin besar. Terdapat hubungan kuat antara manajemen risiko dengan keberhasilan suatu proses dimana proses lebih berhasil jika melibatkan manajemen risiko yang baik (Elkington & Smallman, 2002).

PT. Dirgantara Indonesia (DI) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri penerbangan dengan produk utama berupa pesawat terbang dan juga helikopter. Pesawat N219 merupakan salah satu pesawat baru yang dikembangkan oleh PT. Dirgantara Indonesia. Program yang sudah direncanakan sejak tahun 2012 diprediksi akan menuai kesuksesan dikelas pesawat penumpang kapasitas kecil dengan berbagai keunggulan yang ditawarkan diantaranya jarak *take-off* dan *landing* yang lebih pendek sehingga cocok digunakan di medan sulit seperti pegunungan, kapasitas terbesar dikelasnya yaitu mampu memuat 19 penumpang, dan biaya operasi yang rendah.

Adanya keterlambatan jadwal proyek mengakibatkan timbulnya risiko-risiko yang dapat berpengaruh terhadap keberlangsungan proyek yang bisa berupa biaya penalti yang telah disepakati dalam kontrak

dan juga risiko pembatalan kontrak serta PT. Dirgantara Indonesia akan menghadapi tantangan untuk memasuki pasar sebelum pasar tersebut direbut oleh kompetitor.

Pada penelitian ini dilakukan analisis risiko pada proyek pesawat N219 yang merupakan proyek PT. Dirgantara Indonesia baik dengan metode kualitatif serta sensitifitasnya terhadap keberlangsungan proyek. Analisis risiko disini merupakan sebuah analisis untuk mengidentifikasi risiko serta penyebab dan dampak risiko pada proyek pesawat N219. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan tingkat risiko dari risiko-risiko yang telah diidentifikasi dan *Bow Tie Analysis* untuk menggambar penyebab dan akibat dari risiko serta tindakan untuk melakukan pencegahan maupun pemulihan terhadap risiko. Pada akhir penelitian diharapkan dapat diketahui risiko apa saja yang berpengaruh besar terhadap keberlangsungan proyek sehingga dapat dilakukan strategi-strategi untuk menanggulangi risiko yang terjadi pada proyek pesawat N219.

2. Tinjauan Pustaka

Risiko

Risiko memiliki banyak pengertian dan konotasi. Risiko merupakan efek dari ketidakpastian sasaran, dimana efek merupakan penyimpangan dari apa yang diharapkan (ISO, 2011). Menurut *Project Management Institute* (2013) risiko adalah peristiwa atau kondisi, jika terjadi, memiliki efek positif atau negatif pada satu atau lebih tujuan proyek seperti ruang lingkup, jadwal, biaya, dan kualitas. Definisi lainnya adalah dampak negatif dari aktivitas yang rentan, dengan mempertimbangkan probabilitas dan dampak dari kemunculan risiko tersebut (Stoneburner, Goguen, & Feringa, 2002). Selain itu, risiko mengacu pada ketidakpastian dan keparahan dari peristiwa dan hasil dari suatu kegiatan sehubungan dengan sesuatu yang manusia nilai (Aven & Renn, 2009). Menurut Kerzner (2017) risiko adalah pengukuran probabilitas dan konsekuensi dari tidak tercapainya tujuan proyek yang telah ditetapkan. Identifikasi risiko dalam proyek akan terbagi menjadi 20 risiko proyek (Qazi, 2016).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan salah satu program peningkatan dan pengendalian kualitas yang dapat mencegah terjadi kegagalan dalam suatu produk atau proses. FMEA adalah sekumpulan petunjuk, sebuah proses, dan form untuk mengidentifikasi dan mendahulukan masalah-masalah potensial (kegagalan) (Bongiorno, 2001). Sebuah FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi cara - cara kegagalan yang potensial untuk sebuah produk atau proses. Metode RPN kemudian memerlukan analisa dari tim menggunakan

pengalaman masa lalu dan keputusan engineering untuk memberikan peringkat pada setiap potensial masalah berdasar:

- *Severity*, merupakan skala yang memeringkatkan *severity* dari efek-efek yang potensial dari kegagalan.
- *Occurrence*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari kegagalan akan muncul.
- *Detection*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan di deteksi sebelum sampai ketangan pengguna akhir atau konsumen.

Setelah pemberian rating dilakukan, nilai RPN dari setiap penyebab kegagalan dihitung dengan rumus:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \quad (1)$$

Dalam Manajemen Risiko Proyek, *Severity* akan diganti menjadi *Likelihood* dan *Occurance* akan menjadi *Impact* (Carbone & Tippett, 2004). Sehingga persamaan rumus untuk RPN akan menjadi:

$$RPN = Likelihood \times Impact \times Detection \quad (2)$$

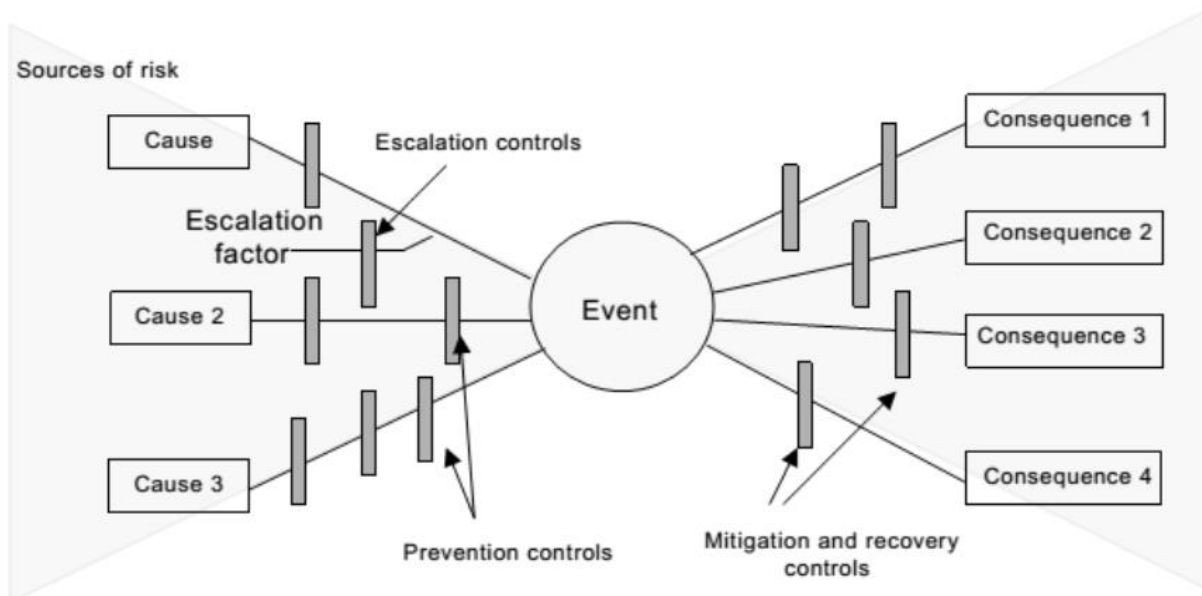
Bow Tie Analysis

Bow tie analysis merupakan sebuah diagram sederhana untuk menggambarkan dan menganalisis jalur risiko dari penyebab hingga konsekuensi. Hal ini dapat dikatakan sebagai kombinasi dari *fault tree analysis* dari penyebab suatu peristiwa dan *event tree analysis* dari hasil peristiwa yang ditampilkan dalam bentuk simpul kupu-kupu. Namun fokus dari *bow tie analysis* ini adalah

pada hambatan antara penyebab dengan risiko, serta risiko dengan konsekuensinya. Diagram ini dapat dibangun dari *fault and event tree*, namun lebih sering diambil langsung dari sesi *brainstorming* (ISO, 2016). Input dari *Bow tie analysis* adalah adanya pemahaman dari penyebab dan konsekuensi dari sebuah risiko serta kendala dan kontrol yang dapat mencegah, mengurangi dan menstimulasikan risiko tersebut. Output dari bow tie analysis berupa gambar diagram sederhana yang menunjukkan jalur utama risiko dan hambatan untuk mencegah atau mengurangi konsekuensi yang tidak diinginkan atau merangsang dan mempromosikan konsekuensi yang diinginkan.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengetahui kegiatan – kegiatan yang ada dalam proyek pesawat N219. Diskusi dilakukan bersama pihak perusahaan agar lebih memahami kegiatan yang ada pada proyek. Setelah mengetahui kegiatan yang ada pada proyek, dilakukan penggunaan metode FMEA berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Carbone & Tippett (2004) . Langkah awal yang dilakukan pada metode FMEA adalah dengan mengidentifikasi risiko yang ada pada masing-masing kegiatan. Langkah kedua adalah menentukan nilai kemungkinan, dampak, dan deteksi risiko pada masing-masing kegiatan. Pada penelitian ini untuk mengidentifikasi risiko dan menentukan nilai kemungkinan, dampak, dan deteksi risiko dilakukan diskusi bersama tim manajemen proyek.



Gambar 1. Contoh Bow Tie Analysis (ISO, 2016)

Tabel 1. Penilaian Kemungkinan Risiko

Keterangan tentang <i>likelihood</i> suatu risiko:	
1 atau 2	Dipastikan akan sangat tidak mungkin terjadi
3 atau 4	Kemungkinan kecil dapat terjadi
5 atau 6	Sama kemungkinan antara terjadi atau tidak terjadi
7 atau 8	Kemungkinan besar dapat terjadi
9 atau 10	Dipastikan akan sangat mungkin terjadi

Tabel 2. Penilaian Dampak Risiko

Keterangan tentang <i>Impact</i> yang terjadi:		
1 atau 2	Penjadwalan	Tidak ada pengaruh terhadap penjadwalan
	Biaya	Terjadi peningkatan biaya proyek yang tidak signifikan
	Teknis	Perubahan tidak terlihat
3 atau 4	Penjadwalan	Terdapat pengaruh < 5% pada jalur kritis
	Biaya	Terjadi peningkatan biaya proyek sebesar < 5%
	Teknis	Efek pada ruang lingkup kecil tetapi membutuhkan perubahan lingkup yang disetujui secara internal dan mungkin dengan klien.
5 atau 6	Penjadwalan	Terdapat pengaruh 5% - 10% pada jalur kritis
	Biaya	Terjadi peningkatan biaya proyek sebesar 5% - 10%
	Teknis	Efek pada ruang lingkup mengubah output proyek dan memerlukan persetujuan dari klien.
7 atau 8	Penjadwalan	Terdapat pengaruh 10% - 20% pada jalur kritis
	Biaya	Terjadi peningkatan biaya proyek sebesar 10% - 20%
	Teknis	Efek pada ruang lingkup mengubah output proyek dan mungkin tidak dapat digunakan oleh klien.
9 atau 10	Penjadwalan	Terdapat pengaruh > 20% pada jalur kritis
	Biaya	Terjadi peningkatan biaya proyek sebesar > 20%
	Teknis	Efek pada ruang lingkup membuat produk akhir tidak dapat digunakan.

Tabel 3. Penilaian Deteksi Risiko

Keterangan tentang <i>detection</i> suatu risiko:	
1 atau 2	Metode deteksi sangat efektif dan hampir pasti bahwa risiko akan terdeteksi dengan waktu yang cukup.
3 atau 4	Metode pendeteksian memiliki efektivitas cukup tinggi.
5 atau 6	Metode pendeteksian memiliki efektivitas sedang.
7 atau 8	Metode deteksi tidak terbukti atau tidak dapat diandalkan; atau efektivitas metode deteksi tidak diketahui untuk mendeteksi pada waktunya.
9 atau 10	Tidak ada metode deteksi yang tersedia atau diketahui yang akan memberikan peringatan dengan waktu yang cukup untuk merencanakan kemungkinan terjadinya suatu risiko.

Pemberian nilai kemungkinan risiko terjadi berdasarkan Tabel 1, nilai dampak risiko akan diberikan berdasarkan Tabel 2, dan nilai deteksi risiko akan diberikan berdasarkan Tabel 3.

Langkah ketiga menentukan nilai RPN dan nilai kritis RPN menggunakan persamaan (2). Langkah keempat menentukan nilai skor risiko dengan persamaan $Skor\ Risiko = likelihood \times impact$ (3) dan nilai kritis skor risiko. Langkah kelima dengan menentukan diagram sebar antara RPN dan skor risiko. Langkah keenam menentukan garis perpotongan antara nilai kritis RPN dan nilai kritis skor risiko. Langkah ketujuh menentukan rencana untuk menanggulangi risiko.

Untuk menanggulangi risiko digunakan metode *Bow Tie Analysis*. Dengan data yang diperoleh dengan pengolahan data menggunakan Teknik FMEA berupa risiko yang telah diurutkan sesuai dengan nilai RPN, langkah analisis data dapat dilakukan dengan menggunakan *Bow Tie Analysis*. Langkah yang diperlukan untuk melakukan *bow tie analysis* adalah:

1. Menentukan risiko yang diprioritaskan dengan RPN tertinggi untuk dijadikan pusat *bow tie*.
2. Melakukan analisis penyebab-penyebab yang dianggap sebagai sumber timbulnya risiko dan dampak atau konsekuensi apabila risiko terjadi.
3. Memberikan strategi atau perencanaan berupa tindakan preventif dan tindakan *recovery* untuk menanggulangi risiko.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan diskusi dengan tim manajemen proyek, diperoleh 11 kegiatan yang ada dalam proyek pesawat N219. Identifikasi risiko dilakukan berdasarkan risiko proyek dalam penelitian Qazi (2016) yang berjumlah 20 risiko proyek, sehingga dari 11 kegiatan yang ada dalam proyek diperoleh total 91 risiko proyek yang dapat terjadi dalam proyek pesawat N219. Dalam pembahasan hasil akan dibahas salah satu kegiatan yaitu *prototyping*. Dalam kegiatan tersebut diperoleh 11 risiko proyek yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Risiko Pada Kegiatan *Prototyping*

No. ID	Risiko Proyek
1	Produktivitas kerja buruk
2	Ketersediaan tenaga kerja yang buruk / kekurangan tenaga kerja terampil
3	Desain yang rusak / masalah kualitas
4	Perubahan <i>Engineering</i> / variasi desain
7	Keterlambatan dalam memperoleh jumlah bahan baku yang dibutuhkan
8	Peningkatan harga bahan baku
10	Kenaikan harga energi
11	Perselisihan kontrak
12	Kenaikan biaya tenaga kerja
15	Kekurangan peralatan
17	Tidak tersedianya manajer dan profesional yang memadai

Diskusi dilakukan untuk menentukan nilai pada kemungkinan, dampak dan deteksi risiko sehingga diperoleh nilai RPN dan nilai skor risiko dengan menggunakan persamaan (2) dan (3). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tidak ada prosedur sistematis untuk menentukan nilai kritis dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Carbone dan Tippet (2004). Sehingga dalam hal ini penentuan nilai kritis dilakukan dengan cara membandingkan nilai terbesar RPN dan skor risiko pada penelitian Carbone dan Tippet (2004) dan kemudian membuat nilai kritis berdasarkan perbandingan yang ada dengan nilai kritis dalam penelitian Carbone dan Tippet yaitu 125 untuk RPN dan 25 untuk skor risiko (Luppino, 2014). Dengan demikian kegiatan ini memiliki perbandingan nilai maksimal RPN sebesar 0,93 kali dari penelitian Carbone dan Tippet dan skor risiko sebesar 1,17 kali sehingga menghasilkan nilai kritis RPN dan skor risiko sebesar 116,7 dan 23,33. Dengan demikian dapat dibentuk diagram sebar dari RPN dan skor risiko

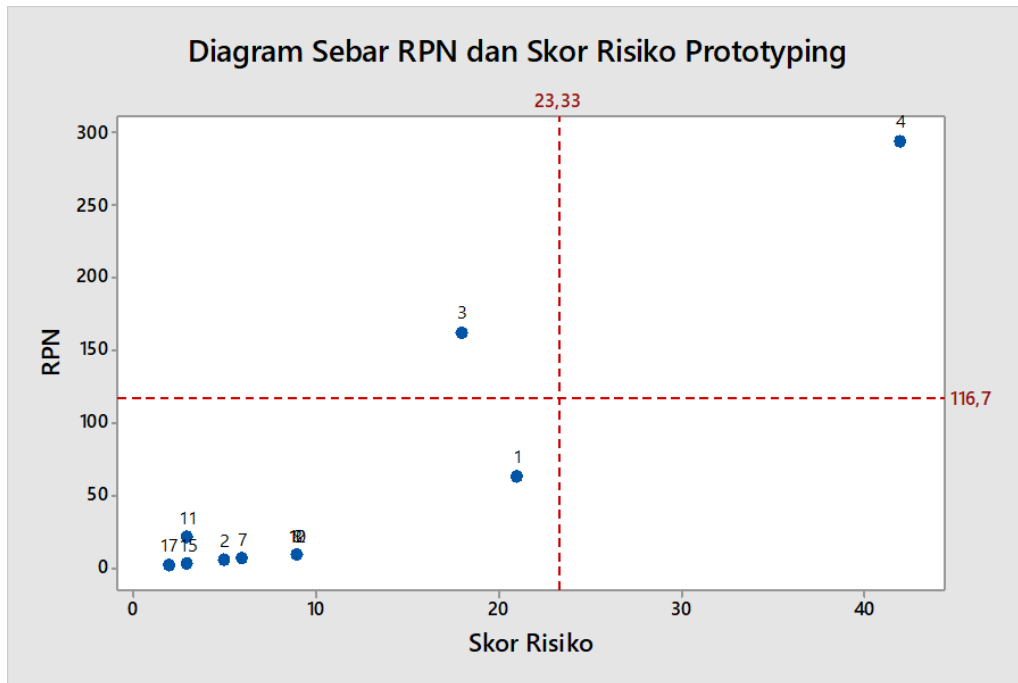
Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Nilai RPN dan Skor Risiko

No. ID	Kemungkinan	Dampak	Deteksi	RPN	Skor Risiko
1	7	3	3	63	21
2	5	1	1	5	5
3	3	6	9	162	18
4	7	6	7	294	42
7	2	3	1	6	6
8	9	1	1	9	9
10	9	1	1	9	9
11	3	1	7	21	3
12	9	1	1	9	9
15	3	1	1	3	3
17	2	1	1	2	2

pada Gambar 2. Dari gambar tersebut diperoleh Risk ID. 4 yang berada pada kuadran kanan atas atau kuadran yang memiliki nilai lebih besar dari nilai kritis RPN dan skor risiko.

Dengan diketahui adanya risiko yang melebihi nilai kritis RPN dan skor risiko maka analisis *bow tie* digunakan untuk mengetahui penyebab dan dampak risiko terhadap kegiatan. Langkah yang dilakukan untuk membuat *bow tie diagram* adalah menentukan penyebab dan dampak penambahan desain sebagai risiko yang hendak diberikan strategi penanganan risiko. Penyebab dari perubahan *engineering* pada kegiatan ini adalah dikarenakan produk mengalami gagal *assembly* karena adanya kesalahan desain dan koordinasi antar tim yang kurang baik. Penyebab lainnya yaitu adanya penggantian penggunaan teknologi pesawat dengan teknologi yang baru akibat dari perkembangan teknologi. Penyebab lainnya adalah bahan baku tidak memadai untuk pembuatan *prototype* akibat kehabisan stok bahan baku pada gudang penyimpanan bahan baku. Dampak yang ditimbulkan dari perubahan *engineering* adalah penambahan waktu untuk desain ulang, waktu proyek terbuang, penambahan biaya untuk komponen baru dan pengerjaan ulang *assembly prototype* pesawat.

Setelah penyebab dan dampak telah ditemukan maka dapat menentukan langkah preventif dan *recovery* terhadap risiko perubahan *engineering* / variasi desain. Tindakan preventif yang dapat dilakukan untuk mencegah kurang baiknya koordinasi antar tim adalah dengan adanya komitmen bersama antar tim untuk keberlangsungan proyek. Sementara untuk mencegah pergantian teknologi yang akan digunakan yaitu dengan penetapan teknologi yang akan digunakan sejak awal proyek. Sementara untuk mencegah stok bahan baku

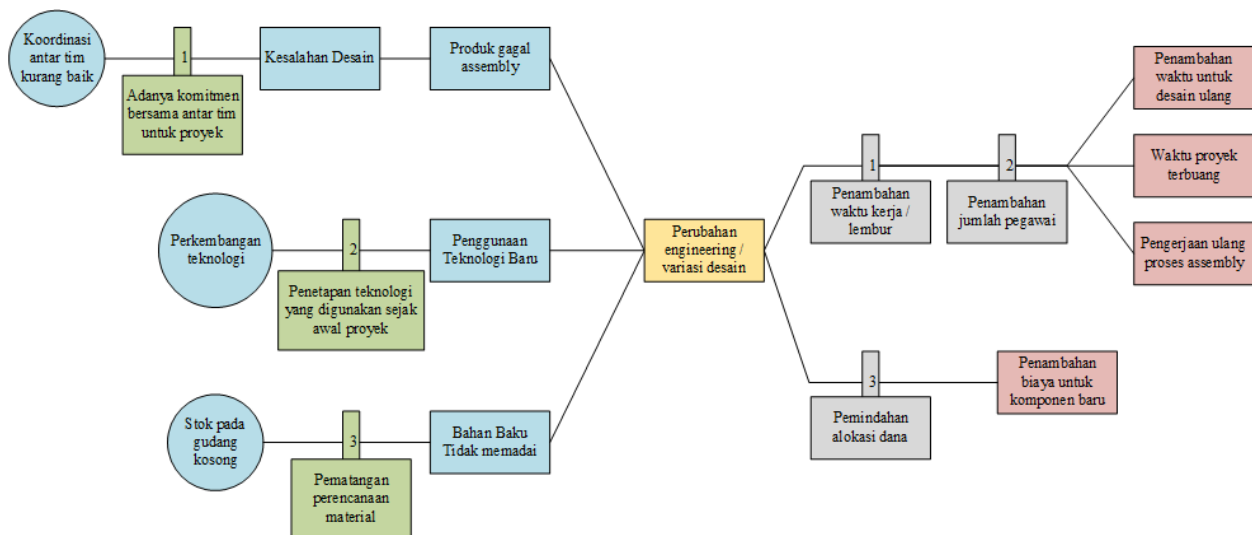


Gambar 2 Diagram Sebar RPN dan Skor Risiko

kosong pada gudang adalah dengan melakukan pematangan perencanaan material dengan menghitung kemungkinan bahan baku akan kosong dan lama pengiriman bahan baku yang dibutuhkan untuk sampai ke proyek. Tindakan recovery yang dapat dilakukan apabila perubahan engineering terjadi diantaranya dengan melakukan penambahan jam kerja atau lembur, penambahan jumlah alokasi pegawai pada proyek, serta pemindahan alokasi dana. Dengan demikian penyebab, dampak, tindakan preventif dan recovery dapat dipetakan kedalam *bow tie diagram* seperti pada Gambar 3.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat berdasarkan analisis dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan adalah Identifikasi risiko pada penelitian ini menggunakan penggunaan risiko yang dapat ditemui dalam proyek berdasarkan jurnal yang didapat. Terdapat 20 risiko proyek yang digunakan untuk diidentifikasi kedalam 11 kegiatan / *task* dalam program pesawat N219 sehingga setelah dilakukan diskusi ditemukan total 91 risiko pada 11 kegiatan / *task* dalam program pesawat N219. Penilaian risiko terhadap proyek dilakukan dengan penilaian kemungkinan, dampak dan pendeteksian dari



Gambar 3 Bow Tie Diagram Perubahan Engineering pada Prototyping

risiko yang telah diidentifikasi pada masing-masing kegiatan. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat ditentukan risiko yang memiliki nilai *risk priority number* (RPN) dan skor risiko yang melebihi batas dari nilai kritis RPN dan skor risiko masing – masing kegiatan.

Strategi atau tindakan untuk merespon risiko yang dapat terjadi dalam penelitian ini ditentukan dengan menentukan penyebab dan dampak dari risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi pada setiap kegiatan / *task*. Tindakan preventif dan tindakan *recovery* kemudian dapat ditentukan sehingga ditemukan strategi untuk merespon risiko proyek. Penyebab, dampak, tindakan preventif dan tindakan *recovery* kemudian dapat dipetakan dengan menggunakan metode *Bow Tie Analysis* agar lebih mudah untuk dipahami.

Technology Systems. Falls Church: Booz Allen Hamilton Inc.

Daftar Pustaka

- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management Vol. 17*, 337-342.
- Aven, T., & Renn, O. (2009). On risk defined as an event where the outcome is uncertain. *Journal of Risk Research*, 1-11.
- Bongiorno, J. (2001). Use FMEAs to Improve Your Product Development Process. *PM Network*, 47-52.
- Carbone, T. A., & Tippett, D. D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 28-35.
- Elkington, P., & Smallman, C. (2002). Managing project risks: a case study from the utilities sector. *International Journal of Project Managements Vol. 20*, 49-57.
- ISO. (2011). *Manajemen Risiko - Prinsip dan Pedoman*. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.
- ISO. (2016). *SNI ISO 31010 Manajemen Risiko - Teknik Penilaian Risiko*. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.
- Luppino, R. (2014). Risk Management in Research and Development (R&D) Projects: The Case Of South Australia. *Asian Academy of Management Journal*, 19, 67–85.
- PMI. (2013). *A Guide to the Project Manajement Body of Knowledge*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Qazi, A. (2016). Project Complexity and Risk Management (ProCRiM): Towards modelling project complexity driven risk paths in construction projects. *International Journal of Project Management*, 1183-1198.
- Stoneburner, G., Goguen, A., & Feringa, A. (2002). *Risk Management Guide for Information*