

BAB 2 KERANGKA TEORITIS DAN PERMODELAN

2.1. Management Resiko

Risk Management merupakan suatu proses dalam mengidentifikasi resiko, penilaian resiko dan pengambilan langkah-langkah untuk mengurangi resiko sehingga resiko tersebut berada pada tingkat yang dapat diterima. Kegiatan dalam *risk management* adalah kegiatan memperbesar probabilitas dan dampak dari peristiwa-peristiwa positif dan meminimalisasi probabilitas dan dampak dari peristiwa-peristiwa yang tidak diinginkan dalam pencapaian suatu tujuan¹. Resiko didefinisikan sebagai kombinasi kemungkinan dari satu peristiwa dan konsekuensinya (ISO/IEC Guide 73). Dalam semua jenis *undertaking*, ada potensial untuk kejadian dan konsekuensi yang merupakan peluang untuk manfaat atau ancaman terhadap kegagalan. Arti lain tentang Manajemen resiko adalah semakin banyak mengetahui atau memahami dua aspek dalam resiko, yaitu positif dan aspek negatif dari resiko. Artinya mempertimbangkan resiko harus dari kedua perspektif².

Industri pertambangan, perbankan, dan lain-lain yang dijalankan oleh perusahaan/organisasi senantiasa terekspos oleh resiko yang setiap saat dapat muncul sehingga membutuhkan suatu metode dalam mengelola resiko yang ada, pengelolaan atau penggunaan metode ini disebut management resiko. Beberapa manfaat yang ditawarkan oleh manajemen resiko adalah³ :

- Menghindarkan kemungkinan munculnya hasil-hasil yang tidak dapat diterima dan mengejutkan secara biaya.
- Pembuatan keputusan dari proses-proses manajemen yang sedang berlangsung dengan bersifat lebih terbuka dan transparasi.

¹ M. Crouhy, D. Galai, R. Mark, *Risk Management*, McGraw-Hill, 2001, hal. 39.

² AIRMIC, ALARM, IRM, *A Risk Management Standard*, 2002 hal 2

³ Department of Family and Community Service, *Risk Management in Department of Family and Community Service*, Risk, Audit and Compliance Branch, Australia, 1999

- Sistematis dan tepat dimana prosesnya menyediakan pengertian yang lebih baik mengenai suatu masalah yang berhubungan dengan suatu aktivitas.
- Pelaporan yang lebih efektif dan terstruktur dalam memenuhi kebutuhan perusahaan.
- Keluaran atau *outcome* yang lebih baik, dalam bentuk *efisiensi* dan efektivitas dari aktivitas-aktivitas suatu departemen.
- Penilaian yang tepat dari proses-proses *inovatif* untuk mengekspos resiko sebelum resiko tersebut benar-benar muncul dan mengizinkan keputusan berdasarkan informasi pada nilai keuntungan.

Suatu kondisi ketidakpastian akan memunculkan resiko. Dalam konteks Perusahaan atau organisasi resiko merupakan ketidakmampuan potensial dalam pencapaian suatu tujuan. Salah satu contoh adalah : ketidakmampuan dalam merealisasikan target produksi yang berakibat pada naik turunnya produksi. Ketidakmampuan ini terjadi akibat adanya hambatan teknis yang bersumber pada kondisi internal maupun eksternal perusahaan yang terdiri dari dua komponen yaitu :

- Probabilitas (kemungkinan) gagal dalam mencapai hasil.
- Konsekuensi (akibat) gagal dalam mencapai hasil tersebut.

Dua komponen diatas digunakan untuk menghindari ketidakjelasan atau ketidakpastian dalam penilaian suatu resiko, komponen tersebut membuat analisa resiko lebih terukur dan jelas. Selain dua hal diatas ada faktor-faktor lain yang mungkin secara signifikan membantu munculnya resiko, seperti frekuensi kejadian, sensitivitas waktu, dan ketergantungan antar resiko yang dapat pula dipakai secara langsung atau tidak dalam metodologi penetapan urutan (rangking) risiko (U.S: Dept of defense Extension, 2003, p.130)⁴.

Resiko dalam setiap kejadian adalah fungsi dari kemungkinan (*likelihood*) dan akibat (*impact*), yaitu :

$$\text{Resiko} = f(\text{kemungkinan, akibat}) \dots\dots\dots(2.1)$$

⁴ DoD, U. S: *Department of Defense Extension to: A Guide to the Project Management Body of Knowledge, (DoDExtPMBOK Guide), first ed.*, Fort Belvoir, Virginia: Defense Acquisition University Press, 2003, hal. 130.

Secara umum, resiko akan bertambah jika kemungkinan atau akibatnya bertambah. Kedua-duanya harus dipertimbangkan dalam manajemen resiko (Harold, 2003, p 653)⁵.

Ketidakpastian (*uncertainty*) dan Resiko (*risk*) merupakan dua istilah yang saling berhubungan (terkadang malah saling menggantikan), maka perlu diperjelas hubungan antara keduanya. Pernyataan pikiran yang bercirikan pada keraguan akan menimbulkan ketidakpastian, karena kekurangan informasi tentang apa yang akan terjadi atau yang tidak akan terjadi pada masa yang akan datang. Lawan dari ketidakpastian adalah kepercayaan atau kepastian tentang situasi tertentu. (Emmett J, 1996, p.9)⁶

Secara sederhana, resiko diartikan sebagai suatu kemungkinan mengalami kerugian, resiko adalah seseorang atau sesuatu yang dapat menimbulkan atau mengesankan bahaya. (Regan, 2003, p.10)⁷. Sedangkan Lowrance mendefinisikan resiko sebagai probabilitas dan dampak dari kejadian yang merugikan.

Definisi lain resiko adalah suatu aktivitas yang rentan akan menimbulkan dampak negatif, dengan mempertimbangkan probabilitas dan dampak dari kemunculan risiko tersebut. (Stoneburner, Goguen, Feringa, 2001, p.1)⁸. Sekumpulan scenario yang disusun sesuai urutan tingkat keparahannya dari konsekuensi dan dibandingkan dengan probabilitasnya maka akan terbentuk suatu kurva risiko. (Kaplan dan Garrick, 1981). Kurva tersebut dapat diartikan semakin tinggi dampak yang diakibatkan oleh suatu risiko maka probabilitas kemunculannya akan semakin rendah. Sebaliknya risiko yang probabilitasnya semakin tinggi, maka semakin kecil dampak yang diakibatkan oleh risiko tersebut.

Dua konsep dasar resiko yang paling umum digunakan adalah probabilitas dan dampak. Sejarah atau kejadian masa lalu seringkali tidak dimasukkan ke dalam pertimbangan dalam mengidentifikasi risiko bagi sebuah organisasi. Kebanyakan riset hanya memberikan perhatian khusus pada pertimbangan peristiwa yang akan terjadi di masa mendatang, sehingga mengakibatkan sistem

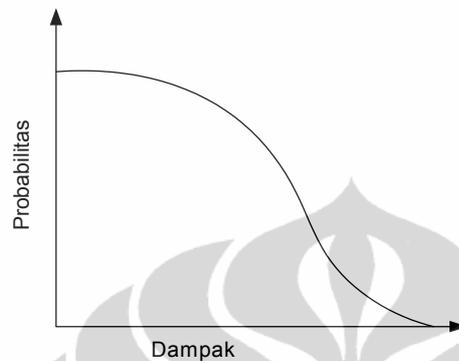
⁵ Harold Kerzner, *Project Management : A systems approach to planning, scheduling, and controlling*, 8th ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2003, hal. 653.

⁶ Emmett J. Vaughan, *Risk Management*, New Jersey John Wilcy & Sons, 1996, hal. 9

⁷ S. Regan, *Risk Management Implementation and Analysis*, dalam AACE International Transactions, 2003, hal,10.

⁸ G. Stoneburner, A. Goguen, A, Feringa, Op. Cit, hal 1.

manajemen risiko menjadi tidak lengkap. Dalam analisa resiko segala kemungkinan harus diperhitungkan termasuk kejadian masa lalu. Kejadian masa lalu telah terjadi dan tidak dapat diubah kembali, namun peristiwa yang terjadi di masa lalu mungkin saja terulang kembali.



Gambar 2.1 Kurva Risiko

Konsep resiko telah banyak diterapkan pada organisasi atau perusahaan. Namun dalam perjalanannya konsep resiko yang telah disusun menjadi tidak berarti disaat keuntungan dari penjualan berada diatas target perusahaan. Jika setiap perusahaan atau organisasi memahami bahwa resiko adalah kerusakan atau kerugian potensial di masa depan yang dapat muncul dari beberapa aktivitas serta keputusan yang diambil pada saat ini, maka konsekuensi dari keputusan atau aktivitas akan selalu diperhitungkan resikonya. Kejadian merugikan yang terjadi di masa yang akan datang tidak dapat dipastikan 100%, namun tetap dapat diprediksi berdasarkan probabilitas kemunculannya di masa lalu.

Berdasarkan sumbernya, risiko dapat diklasifikasikan sebagai berikut⁹ :

- Resiko finansial dan non-finansial

Dalam analisa resiko dibanyak perusahaan, finansial atau keuangan menjadi kunci dalam penerapan management resiko. Dasar analisa resiko bersumber pada data keuangan perusahaan, jika analisa resiko tidak memberikan dampak terhadap keuangan maka disebut resiko non-finansial, sedangkan resiko finansial menyebabkan kerugian finansial.

- Risiko statis dan dinamis

⁹ Emmett J. Vaughan, Op. Cit., hal. 13-17

Perubahan perekonomian yang dipengaruhi oleh factor lingkungan eksternal serta keputusan management biasanya memberikan akibat munculnya resiko. Resiko ini disebut resiko dinamis Sedangkan resiko statis adalah kerugian yang terjadi meskipun tidak ada perubahan perekonomian.

- Resiko murni dan spekulatif

Resiko spekulatif adalah resiko yang membawa kepada kemungkinan dua situasi, yaitu keuntungan dan kerugian, contohnya adalah keputusan *go public* dengan memperdagangkan saham perusahaan ke bursa efek. Resiko murni terjadi pada satu situasi saja, kerugian atau keuntungan contohnya memindahkan operasional pabrik untuk memperkecil biaya logistic.

- Risiko fundamental dan partikular

Risiko fundamental adalah kerugian impersonal, baik penyebab maupun akibatnya. Resiko ini disebabkan oleh fenomena politik, ekonomi, dan sosial, meskipun bisa saja hasil dari kejadian fisik. Contoh: adalah pengangguran, perang, inflasi, gempa, banjir, dll. Sedangkan resiko partikular adalah resiko yang disebabkan oleh kejadian individual, misalnya kebakaran rumah dan perampokan bank.

2.2. Analisa Resiko

Konsep dari resiko telah berkembang dengan pesat, bahkan banyak peneliti dalam jurnalnya melakukan suatu terobosan dengan membangun model resiko (risk modeling). Dalam satu jurnal dikatakan membuat model ketergantungan (*modeling dependence*) antara sel-sel resiko dan faktor-faktor berbeda adalah satu tantangan penting dalam manajemen resiko operasional. Berbagai kesulitan dari pemodelan korelasi telah banyak diketahui oleh karena itu pengaturan secara tipikal dengan mengambil satu pendekatan konservatif ketika mempertimbangkan suatu korelasi di dalam model resiko¹⁰. Penelitian ini akan menggunakan suatu pendekatan model dengan menggabungkan Multiple Regression dan Monte Carlo.

Analisa resiko dilakukan dengan menilai atau mengukur dua kuantitas resiko, yaitu besarnya potensi kerugian dan probabilitas munculnya kerugian tersebut. Penilaian resiko boleh jadi merupakan langkah yang paling penting

¹⁰ Gareth W Peters, Pavel V Shevchenko, Mario V Wüthrich, *Dynamic operational risk: modeling dependence and combining different sources of information*, London: Summer 2009. Vol. 4, Iss. 2; pg. 69

dalam proses manajemen risiko, sekaligus merupakan langkah yang paling sulit dan dipengaruhi oleh tingkat kesalahan yang cukup tinggi.

Analisis resiko adalah suatu pendekatan ke arah mengembangkan satu pemahaman serta kesadaran menyeluruh tentang resiko yang berhubungan dengan satu variabel tertentu. Masalah pokok dengan membuat keputusan tentang investasi dalam satu proyek adalah suatu proses yang meliputi ramalan yang ditandai ketidakpastian sehingga patut dipertimbangkan. Sangatlah berbahaya jika mengabaikan ketidak-pastian dan secara efektif merupakan suatu pandangan tentang masa depan. Karena itulah dikembangkan suatu teknik Monte Carlo Simulation (MCS) yang merupakan pengembangan dari pemodelan unsur-unsur ketidakpastian¹¹.

Dalam manajemen risiko yang tersulit adalah pengukuran probabilitas maupun dampak dari sebuah risiko adalah tidak pasti. Penentuan variabel-variabel resiko yang sangat banyak menyulitkan dalam menentukan dampak dari resiko tersebut. Dampak merupakan variabel resiko yang timbul dari peristiwa yang tidak menguntungkan dalam suatu proses. Sebuah resiko dengan potensi kerugian yang besar dan probabilitas kemunculan rendah akan mengalami perlakuan yang berbeda dengan resiko lain yang potensi kerugiannya rendah namun sering terjadi (probabilitasnya tinggi). Keduanya mempunyai prioritas yang hampir sama di dalam teori, tetapi dalam prakteknya dapat menjadi sangat sulit untuk dikelola karena adanya keterbatasan sumber daya.

Untuk menghindari atau mengurangi kesalahan pada penilaian resiko, maka tiap-tiap level dampak dan probabilitas dapat didefinisikan dengan jelas dan dikonversikan ke dalam angka-angka tertentu. Definisi yang jelas dari setiap level tersebut akan sangat membantu dalam analisa resiko.

Salah satu alat yang digunakan dalam penelitian adalah analisa data secara statistic untuk membuat sebuah model analisa resiko. Selain itu dengan melakukan wawancara terhadap orang-orang yang ahli dibidangnya merupakan langkah awal dalam melakukan sebuah analisa resiko. Selanjutnya dengan membangun sebuah model yang bersifat global analisis maupun dinamis analisis

¹¹ Xiaofeng Du, Amory N Li. "Monte Carlo simulation and a value-at-risk of concessionary project; The case study of the Guangshen Freeway in China" 2008. Vol. 31, Iss. 12; pg. 912

diharapkan mampu menjawab semua permasalahan yang ditimbulkan¹². Hal yang terpenting dalam penyusunan model adalah menggunakan data-data historical yang diolah secara statistic dan metode kuantitatif lebih diutamakan dalam melaksanakan suatu analisa resiko.

Teknik kuantitatif dapat sangat berguna jika menggunakan statistik dan proyeksi aktual untuk menciptakan angka, atau serangkaian angka yang merepresentasikan potensi kerugian¹³. Teknik-teknik antara lain adalah¹⁴ :

1. Analisis sensitivitas.

Secara sederhana analisis sensitivitas menentukan efek pada keseluruhan proyek dari perubahan salah satu variabel resiko seperti keterlambatan desain atau biaya material.

2. Analisis probabilistik

Analisis probabilistik menspesifikasikan sebuah distribusi probabilitas untuk tiap resiko dan kemudian mempertimbangkan efek dari kombinasi resiko. Bentuk yang paling umum dari analisis probabilistik menggunakan teknik sampling biasa dikenal dengan simulasi monte carlo.

Langkah lanjutan setelah melaksanakan analisa resiko adalah melakukan evaluasi. Evaluasi resiko bertujuan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan, berdasarkan hasil dari proses analisis resiko, mengenai resiko mana yang membutuhkan pengelolaan beserta prioritas pengelolaannya. Tujuan organisasi atau perusahaan dengan kesempatan resiko yang bisa terjadi harus dipertimbangkan dalam membuat keputusan. Keputusan yang akan dibuat merupakan suatu pilihan dimana semakin tinggi resiko atau potensi memperoleh kerugian maka akan semakin besar perolehan yang akan didapatkan. Pilihan tersebut akan sangat tergantung dengan konteks organisasi. Dalam beberapa situasi, evaluasi resiko akan menyajikan analisis yang lebih mendalam mengenai pengambilan keputusan tersebut.

¹² Elisabeth Paté-Cornell, Léa A Deleris, *Failuer Risk in The Insurance Industry : A Quantitative System Analysis*, Journal Risk Management and Insurance Review, Mount Vernon: Fall 2009. Vol. 12, Iss. 2; hal 199

¹³ D Hoffman, *Managing Operational Risk*, John Wiley & Son, Inc, 2002, hal 8

¹⁴ C. Norris, J. Perry, dan P. Simon, *Project Risk Analysis and Management*, The Association for Project Management, Buckinghamshire, 2000, hal. 7

Australian/New Zealand Risk Management Standard (AS/NZS 4360:2004) menerangkan bahwa evaluasi resiko dilakukan untuk memahami resiko yang diperoleh pada tahap analisis resiko untuk membuat keputusan mengenai langkah selanjutnya yang harus dilakukan, dimana keputusan tersebut meliputi :

- Resiko mana yang membutuhkan pengelolaan resiko?
- Aktivitas pengelolaan resiko mana yang harus dilakukan?
- Resiko mana yang diprioritaskan dalam pengelolaan resiko?

Pengelolaan risiko mempunyai banyak label atau nama, diantaranya ada yang menamakannya dengan identifikasi dan kontrol resiko, kontrol respon terhadap resiko, rencana respon terhadap resiko, pemantauan dan kontrol terhadap resiko, pengurangan risiko, istilah-istilah tersebut semuanya mempunyai arti yang sama¹⁵:

- Melakukan pengembangan poses identifikasi resiko
- Membuat suatu perencanaan respon jika terjadi
- Mengurangi probabilitas resiko
- Identifikasi berkesinambungan terhadap resiko baru
- Melakukan suatu tindakan atau eksekusi dengan jalan membuat perencanaan untuk meminimalisasi resiko negatif dan memaksimalkan risiko positif.

Rencana pengelolaan risiko terdiri atas beberapa langkah yang diimplementasikan secara bersama-sama manapun berurutan. Terdapat dua tipe respon terhadap resiko, yaitu sebagai berikut¹⁶ :

- Respon langsung (*immediate response*)
Melakukan suatu modifikasi terhadap rencana awal (planning) sehingga resiko yang teridentifikasi berkurang atau hilang sama sekali.
- Respon darurat (*contingency response*)
Merupakan sebuah persiapan dalam perencanaan langkah-langkah tindakan terhadap respon yang hanya akan diimplementasikan jika konsekuensi yang tidak diinginkan dari resiko yang telah teridentifikasi muncul.

Metode dan teknik tertentu digunakan dalam menghadapi resiko yang diketahui, mengidentifikasi siapa yang bertanggungjawab dalam resiko, dan

¹⁵ S. Regan, *Op. Cit.*, hal. 104

¹⁶ C. Norris, J. Perry dan P. Simon, *Op. Cit.*, hal. 10

menyediakan perkiraan biaya dan waktu untuk mengurangi risiko tersebut. Dalam hal ini mencakup suatu perencanaan dan pelaksanaan yang mempunyai sasaran untuk mengurangi risiko pada tahap yang dapat diterima. Evaluator yang menilai risiko harus dimulai dari proses identifikasi risiko dan mengembangkan pilihan-pilihan penanganan dan pendekatan untuk mengusulkan kepada manajer program, siapa yang sebaiknya melakukan implementasi¹⁷.

Risk assumption adalah pengakuan dari keberadaan situasi risiko tertentu dan sebuah keputusan yang dapat dimengerti untuk menerima tingkat risiko yang berhubungan, tanpa mengusahakan cara lain untuk mengendalikannya. Dua kunci sukses *risk assumption* adalah dengan cara :

- Mengenal sumber daya (uang, orang, dan waktu) yang dibutuhkan dalam mengatasi risiko bersifat materi. Hal ini termasuk mengenali tindakan manajemen tertentu (misalnya pengetesan ulang, atau waktu tambahan untuk aktivitas desain yang lebih lanjut) yang mungkin terjadi.
- Memastikan bahwa tindakan administratif yang diperlukan diambil untuk mengenali keengganan manajemen dalam melakukan tindakan manajemen¹⁸.

Risk avoidance melibatkan sebuah perubahan konsep (termasuk desain), kebutuhan, spesifikasi, dan/atau tindakan untuk mengurangi risiko ke tingkat yang dapat diterima. Secara sederhana dapat dinyatakan bahwa ia menghilangkan sumber-sumber risiko tinggi bahkan sedang, dan menggantikannya dengan solusi yang berisiko rendah. Sedangkan *risk control* tidak berusaha mengeliminasi sumber risiko tetapi berusaha mengurangi risiko

Risk transfer mengalokasikan kembali risiko yang merupakan bagian dari suatu system ke bagian yang lain, sehingga mengurangi resiko dari keseluruhan sistem dan/atau risiko dengan level rendah. Transfer resiko adalah bentuk dari pembagian resiko dan bukan penghapusan resiko.

2.3. Resiko Dalam Proses Produksi

Resiko proses merupakan bagian dari resiko operasional. Lingkungan internal akan mempengaruhi kondisi operasional perusahaan/organisasinya, lingkungan internal dalam perusahaan terdiri dari manusia, proses dan teknologi.

¹⁷ Ibid., hal. 682 – 683

¹⁸ Ibid., hal. 684

Ketidakpastian lingkungan internal akan menyebabkan kegagalan pada operasional perusahaan. Kondisi eksternal juga dapat menjadi pemicu timbulnya ketidakpastian yang bersumber dari politik, pajak, regulator, pemerintah, dan complain¹⁹.

Produksi adalah bidang yang terus berkembang selaras dengan perkembangan teknologi, dimana produksi memiliki suatu jalinan hubungan timbal balik (dua arah) yang sangat erat dengan teknologi²⁰. Proses Produksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang melibatkan material, manusia, dan peralatan untuk menghasilkan suatu produk. Pada proses produksi jika hasil akhir dari produk tidak mengalami complain dari customer atau tidak ada dampak negative terhadap keuangan perusahaan maka proses produksi tidak mengandung resiko. Jika kembali pada konsep awal mengenai resiko yaitu probabilitas dan dampak maka jumlah penggunaan material baik bahan baku maupun bahan penunjang dapat menimbulkan dampak terhadap aktivitas produksi atau keputusan management terhadap aktivitas resiko.

Inti dalam proses produksi adalah material, sedangkan manusia, peralatan dan system merupakan pendukung dari proses produksi. Sebagai contoh: produk timah $\frac{1}{2}$ jadi tidak dapat dihasilkan jika tidak ada raw material walaupun organisai/perusahaan mempunyai sumber daya manusia yang handal, peralatan yang didukung teknologi mutakhir dan system yang handal. Ketidakpastian dalam penggunaan raw material dalam suatu proses produksi dapat menimbulkan resiko yang akan berakibat pada gagalnya proses produksi secara keseluruhan dalam lingkungan internal perusahaan pertambangan, namun jika secara eksternal efek yang akan terjadi adalah kelangkaan produk timah di pasar dunia.

Sebelum dampak dari resiko terjadi dalam proses produksi, kebanyakan perusahaan menetapkan peramalan atau prediksi terhadap suatu kejadian atau situasi masa akan datang yang bertujuan untuk meminimalkan resiko. Pada awalnya prediksi sering digunakan untuk mengetahui permintaan produk dan selanjutnya menentukan keputusan terhadap proses produksi yang akan dilaksanakan, dalam perkembangannya metode forecasting dimanfaatkan untuk

¹⁹ M. Crouhy, D. Galai, R. Mark, *Risk Management*, McGraw-Hill, 2001, hal. 480

²⁰ Vincent Gaspersz, *Production Planning and Inventory Control*, Vincent Foundation, Gramedia, Jakarta, 2005, hal 3.

metode analisa resiko. Peramalan jika dihubungkan dalam risk management merupakan salah satu cara untuk mengidentifikasi resiko dengan membangun scenario analysis sedangkan metode dan teknik analysis resiko adalah secara *statistical* (statistic)²¹.

Peramalan (forecasting) adalah suatu prosedur untuk membuat informasi factual tentang situasi masa depan atas dasar informasi yang ada (data historis) dan ramalan mempunyai tiga bentuk utama : proyeksi, prediksi, dan perkiraan²². Dimana :

1. Proyeksi adalah ramalan yang didasarkan pada ekstrapolasi atas kecenderungan masa lalu maupun masa kini ke masa depan.
2. Prediksi adalah ramalan yang didasarkan pada asumsi teoritik yang tegas.
3. Perkiraan adalah suatu ramalan yang berdasarkan pada penilaian yang informative atau penilaian pakar tentang suatu situasi dimasa depan.

Peramalan yang didasari oleh penggunaan data masa lalu dari sebuah variabel sering digunakan untuk memprediksi kinerja di masa mendatang. Dalam hal ini biasanya data masa lalu diberikan dalam bentuk waktu (time series) yang meringkaskan perubahan-perubahan dalam nilai variabel tersebut sebagai fungsi dari waktu.²³ Asumsi asar dalam penerapan teknik-teknik permalan adalah bahwa kinerja dimasa lalu akan terus berulang setidaknya dimasa yang akan datang. Ada tiga kategori model peramalan yang sering digunakan dalam melakukan suatu prediksi.

2.3.1. Model Peramalan Moving Average Tehnik (Rata-rata Bergerak)

Teknik ini berasumsi bahwa tanda waktu seri adalah stabil, dimana data tersebut masuk didalamnya, untuk periode t, yang dipresentasikan :

$$y_t = b + \varepsilon_t \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

b = Parameter tetap yang tak dikenal memperkirakan dari data bersejarah

²¹ AIRMIC, ALARM, IRM , *A Risk Management Standard* , London: 2002

²² William N. Dun, *Public Policy Analysis An Introduction*, Second Edition, University of Pittsburgh, Prentice-Hall, New Jersey, 1994, Hal 290.

²³ Hamdy A. Taha, *Operations Research an introduction* , Add Chapter 21 on CD, Eighth Edition, PEARSON, Prentice Hall, 2007, Hal CD-38

ε_t = komponen acak (*noise*) untuk perioda t dengan rata-rata nol dan varian konstan.

Teknik berasumsi bahwa data untuk perioda berbeda tidak saling berhubungan.

Teknik rata-rata bergerak berasumsi observasi n terkini adalah sama penting dalam menaksir parameter b . Dengan begitu, perioda saat ini t , jika data untuk terkini n perioda adalah $y_{t-n+1}, y_{t-n+2}, \dots$, dan y_t maka perhitungan nilai untuk $t + 1$ adalah :

$$y_{t+1}^* = \frac{y_{t-n+1} + y_{t-n+2} + \dots + y_t}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Tidak ada peraturan yang pasti dalam memilih nilai n yang tepat. Nilai antara 2 sampai 10 dapat diterima. Sifat perhitungan dalam model rata-rata bergerak menunjukkan bahwa prosedur ini tidak dapat dimulai sampai terkumpul n titik data historis.

2.3.2. Model Peramalan Exponential Smoothing

Kerugian dari model rata-rata bergerak adalah bahwa model ini menempatkan bobot yang sama untuk semua observasi yang membentuk rata-rata tersebut. Umumnya, observasi terbaru harus memiliki bobot yang lebih besar daripada observasi yang paling jauh dimasa lalu. Exponential smoothing dirancang untuk mengatasi masalah ini, khususnya dengan mempertimbangkan titik-titik data sebelumnya y_1, y_2, \dots, y_t , estimasi, $y_t^* + 1$, maka dihitung sebagai :

$$y_{t+1}^* = \alpha y_t + \alpha(1 - \alpha)y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 y_{t-2} + \dots \dots\dots(2.4)$$

Dimana α disebut konstanta smoothing, $0 < \alpha < 1$. Rumus ini memperlihatkan bahwa titik data yang jauh memiliki bobot semakin kecil daripada titik-titik data terbaru. Rumus untuk menghitung $y_t^* + 1$ dapat diekspresikan dalam bentuk :

$$\begin{aligned} y_{t+1}^* &= \alpha y_t + (1 - \alpha)\{\alpha y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)y_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 y_{t-3} + \dots\} \\ &= \alpha y_t + (1 - \alpha)y_t^* \dots\dots\dots(2.5) \end{aligned}$$

Pemilihan nilai konstanta pemulusan (smoothing) adalah penting dalam menghasilkan ramalan-ramalan handal, dengan nilai α adalah 0,01 dan 0,03.

Seperti pada kasus model rata-rata bergerak, bahwa hasil peramalan hanya untuk jangka pendek.

2.3.3. Model Regresi

Analisa regresi adalah menghubungkan antara variabel dependen dengan variabel independen dimana variabel dependen dipengaruhi oleh variabel independen. Pada formula berikut dapat dilihat hubungan antara dependen variabel dan independen variabel atau rumus regresi sederhana :

$$y^* = a + bx \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana : Y = variabel dependen
X = variabel independen
b = koefisien parameter variabel

Konstanta a dan b ditentukan dari data mentah berdasarkan *krteria kuadrat terkecil (least-squares criterion)*, dimana data mentah diwakili dengan (y_i, x_i) , dimana y_i adalah permintaan actual disaat x_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Definisi :

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Sebagai jumlah kuadrat deviasi antara nilai permintaan yang diamati dan yang diestimasi. Nilai-nilai a dan b ditentukan dengan memecahkan kondisi yang diperlukan untuk minimalisasi S, yaitu :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i x_i - n \bar{y} \bar{x}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

Prosedur ini mengharuskan kita untuk mengestimasi b terlebih dahulu, baru kemudian menentukan a.

Estimasi a dan b adalah absah untuk setiap distribusi probabilistic y . Namun dalam asumsi tertentu (asumsi terpenting adalah bahwa y_i adalah normal dengan deviasi standar konstan), interval keyakinan ditentukan untuk a dan b dan juga dapat dikembangkan untuk y .

Kita dapat menguji seberapa liniernya $y^* = a + bx$ sesuai dengan data mentah dengan menghitung koefisien korelasi r dengan rumus :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n y_i x_i - n\bar{y}\bar{x}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2\right)\left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2\right)}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana $-1 \leq r \leq 1$. Kesesuaian linier yang sempurna terjadi ketika $r = \pm 1$. Secara umum semakin dekat nilai r dengan 1 maka semakin baik kesesuaian linier. Sebaliknya jika $r = 0$ maka menunjukkan terdapat kemungkinan nilai y dan x tidak berkaitan. Ada hal penting untuk dicatat bahwa nilai $r = 0$ adalah kondisi yang diperlukan tetapi tidak memadai.

2.4. Simulasi Monte Carlo

Simulasi adalah sebuah metode analitis yang bertujuan untuk meniru sistem dalam kehidupan nyata, terutama jika analisis-analisis lain terlalu kompleks atau rumit perhitungannya²⁴. Definisi lain simulasi adalah teknik untuk melaksanakan percobaan dengan komputer dalam sebuah model dari sistem manajemen²⁵. Karakteristik pokok dari simulasi adalah menirukan dunia nyata dan menggunakan variabel pokok yang mempengaruhi dunia nyata, dan sering digunakan untuk masalah yang sangat kompleks dan beresiko tinggi.

Meskipun dianggap cukup baik dalam menggambarkan permasalahan, simulasi juga mempunyai keterbatasan sebagai berikut:

- Tidak ada jaminan solusi yang optimal
- Dalam membangun model yang baik perlu waktu lama dan biaya yang besar
- Tidak bisa memindahkan hasil dan menarik kesimpulan untuk memecahkan masalah yang lain

²⁴ Hamdy A. Taha, Op. Cit, hal 601

²⁵ James R. Evan, David L. Olson, *Introduction To Simulation And Risk Analysis*, Second Edition, University of Cincinnati and University of Nebraska, Prentice Hall, 2002, Hal. 3

- Perangkat lunak tidak *user friendly*

Sebutan “Metode Monte Carlo” diperkenalkan oleh S. Ulam and Nicholas Metropolis (1949). Merujuk pada kasino “*games of chance*” di Monte Carlo, Monaco. Kunci dari metode Monte Carlo adalah penggunaan input acak dan distribusi probabilitas. Simulasi Monte Carlo adalah simulasi statistik yang khusus menggunakan bilangan acak (random) sebagai parameter masukan (input). Teknik Monte Carlo adalah suatu skema model yang menghitung parameter-parameter stochastic atau deterministic dalam sampel acak atau random²⁶. Karena simulasi ini dikembangkan dari bentuk distribusi statistik yang ada, maka hasil atau keluaran dari model ini juga akan membentuk suatu distribusi.

Crystal Ball adalah program untuk simulasi data yang menyediakan dua pilihan metode sampling, yaitu Mote Calo dan latin Hypercube. seperti halnya *User friendly program* pada umumnya, *Crystal Ball* pada dasarnya mudah dioperasikan dan di pahami.

Central limit theorem misalnya adalah dasar yang harus dipahami terlebih dahulu. Kemudian, beberapa pilihan tes yang digunakan oleh *Crystal ball* seperti Kolmograv-Sminov, Darling, dan chi Square juga perlu di ketahui. Juga sebagai karakteristik distribusi yang menjadi *knowledge base program* ini hendaknya di ketahui agar memudahkan untuk beradaptasi saat penggunaan pada saat penggunaan atau membaca hasil analisis

Pemahaman awal mengenai *Crystal ball* diawali pemahaman terhadap tiga macam karakteristik sel, yaitu²⁷ :

1. Assumption cell atau sel-sel asumsi
2. Decision cell atau cel-cel keputusan
3. Forecast cell atau cel-cel- Peramalan

Assumption cell adalah nilai atau variabel yang tidak diketahui pasti masalah yang akan diselesaikan. Sel ini harus berupa nilai numerik dan bukan formula atau teks dan didefinisasikan sebagai sebuah distribusi probabilitas yang dapt di pilih, seperti; normal, uniform, exponential, geometric, weibull, beta, hyper geometric, gamma, logistik, pareto, extreme, value, negatif, binominal, dan

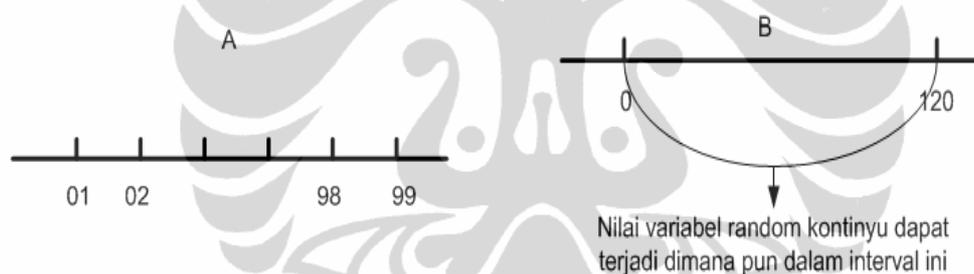
²⁶ Hamdy A. Taha, Op. Cit, Hal 601.

²⁷ User Manual Crystal Ball 2008 version 11.1.1.1.0.0

costum. *Decision cell* bersisi nilai numerik atau angka bukan formula atau teks atau menjelaskan variabel yang memiliki interval nilai tertentu dimana kita mengontrolnya untuk memperoleh nilai optimal. Sedangkan *Forecast Cell* merupakan cell formula dari assumption cell. Dasar-dasar statistik dalam simulasi monte carlo meliputi .

2.4.1. Variabel Random dan Distribusi Probabilitas

Variabel random merupakan variabel yang nilainya ditentukan oleh kesempatan atau peluang. Misalnya, dalam pemutaran sebuah roda rolet, munculnya angka 00, 15, 33, 67, atau 88 adalah persoalan kesempatan. Karenanya angka-angka itu merupakan nilai dari suatu variabel random. Dikatakan random karena tak ada cara untuk memperkirakan angka mana yang akan muncul. Gambar 2.3. Menunjukkan variabel random.



Gambar 2.2. A. Variabel Random Diskrit dan B. Variabel Random Kontinyu

Ada dua macam variabel random yaitu diskrit dan kontinyu. Variabel random diskrit hanya mengisi nilai-nilai tertentu yang terpisah dalam suatu interval. Jika digambarkan di atas garis interval, variabel random diskrit akan berupa sederetan titik-titik yang terpisah. Variabel random kontinyu dapat mengisi nilai manapun dalam suatu interval. Jika digambarkan, variabel random kontinyu akan berupa sederetan titik yang tersambung membentuk garis lurus.²⁸

Kemunculan nilai variabel random diasumsikan sebagai suatu kemungkinan (probabilitas) jadi kemungkinan kemunculan random variabel yang bersifat discrete dan continuous diartikan sebagai *discrete probability* dan

²⁸ Sri Mulyono, "Riset Operasi", edisi revisi, FE-UI, 2007, hal 220

*continuous probability*²⁹. Sedangkan distribusi probabilitas sendiri adalah sebuah model matematis yang dipergunakan untuk mendiskripsikan sifat-sifat sebuah populasi (bentuk, pusat dan penyebaran).

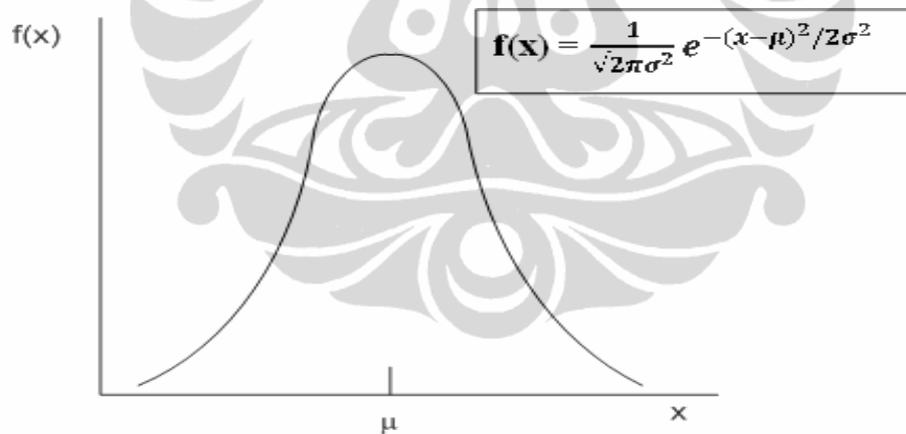
Distribusi probabilitas normal banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari yang digambarkan sebagai fenomena random seperti test scores, berat, dan banyak lagi. Rumusan untuk disribusi normal seperti³⁰ :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan rata-rata μ dan varians σ^2 dan harus memenuhi syarat $-\infty < x < \infty$.

Ciri-ciri utama distribusi adalah :

- 1) Kurvanya mempunyai puncak tunggal
- 2) Kurvanya berbentuk seperti lonceng
- 3) Rata-rata terletak di tengah distribusi dan distribusinya di sekitar garis tegak lurus yang ditarik melalui rata-rata.
- 4) Kedua ekor kurva memanjang tak terbatas dan tak pernah memotong sumbu horizontal.



Gambar 2.3. Distribusi Probabilitas Normal

Central Limit Theorem : jika x_1, x_2, \dots dan x_n adalah independent dengan masing-masing dengan μ (mean), σ (standar deviasi) dan S tertentu. Maka didefinisi

$$S_n = x_1 + x_2 + \dots + x_n \dots\dots\dots(2.28)$$

²⁹ R.E Walpole, R.H Myers, S. L Myers and K. Ye, "Probability and Statistics For Engineers & Scientists", Eighth Edition, PEARSON and Prentice Hall, 2007, Hal 77.

³⁰ Hamdy A. Taha, Op. Cit, Hal 475.

Dengan ukuran $n = \infty$ atau tak terbatas, maka distribusi S_n menjadi *asymptotically normal* dengan mean $n\mu$ dan varians $n\mu^2$, yang tidak dapat diperlihatkan oleh distribusi asli x_1, x_2, \dots dan x_n .

Maka untuk mencari probabilitas suatu interval dari variabel random kontinyu, dapat dipermudah dengan bantuan distribusi normal standar yang memiliki rata-rata (mean) = 0 dan standar deviasi $S = 1$. Variabel random dalam distribusi normal standar dengan symbol Z . Rumus untuk memperoleh variabel normal standar Z adalah :

$$Z = \frac{\text{nilai variabel random} - \text{rata-rata variabel random}}{\text{deviasi standar variabel random}} \dots\dots\dots(2.29)$$

Jika $x =$ nilai variabel random
 $\mu =$ rata-rata variabel random
 $\sigma =$ deviasi standar variabel random

Maka :

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots(2.30)$$

Variabel normal standar Z dapat diartikan sebagai berapa kali deviasi standar suatu nilai variabel random menyimpang dari rata-ratanya. Lebih dari 99 % area banyak yang berada dibawah distribusi terlampir dalam range $\mu - 3\sigma \leq x \leq \mu + 3\sigma$, yang dikenal dengan **6-sigma limits**³¹.

Memilih satu distribusi untuk satu asumsi adalah salah satu dari sebagian besar tahap yang menantang dalam membuat satu model Crystal Ball. Crystal Ball untuk prediksi mempunyai 22 distribusi yang terdiri dari kontinyu dan diskret yang dapat digunakan untuk menggambarkan satu asumsi, dimasukkan sebagai distribusi pilihan, yang dapat digunakan untuk kombinasi range (data) kontinyu dan diskrit³².

- Kontinyu distribusi mengasumsikan semua nilai dalam range (daya) adalah mungkin, termasuk juga range yang tanpa batasan (tidak terhingga) Distribusi ini adalah halus dan berbentuk kurva padat (solid).

³¹ Hamdy A. Taha, Op. Cit, Hal 475.

³² User Manual Crystal Ball 2008 version 11.1.1.1.0.0, “reference card” hal 1

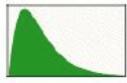
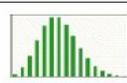
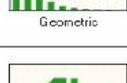
- Diskrit distribusi probabilitas menggambarkan suatu perbedaan, terbatas, pada umumnya adalah bilangan bulat. Distribusi ini menyerupai kolom ketinggian-yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Langkah pertama dalam memilih distribusi probabilitas harus berdasarkan data yang ada, menggunakan pemahaman secara fisik mengenai kondisi-kondisi variabel data. Tabel 2.1. bentuk distribusi probabilitas berdasarkan Crystal Ball 2008.

Tabel 2.1. Distribusi Probabilitas Berdasarkan Kegunaan dan Bentuk Data (Crystal Ball 2008)

<i>Distribution</i>	<i>Conditions</i>	<i>Applications</i>	<i>Examples</i>
 Normal	<ul style="list-style-type: none"> • Mean value is most likely. • It is symmetrical about the mean. • More likely to be close to the mean than far away. 	Natural phenomena.	People's heights, reproduction rates, inflation.
 Triangular	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum and maximum are fixed. • It has a most likely value in this range, which forms a triangle with the minimum and maximum. 	When you know the minimum, maximum, and most-likely values, <i>useful with limited data</i> .	Sales estimates, number of cars sold in a week, inventory numbers, marketing costs.
 Lognormal	<ul style="list-style-type: none"> • Upper and lower limits are unlimited. • Distribution is positively skewed, with most values near lower limit. • Natural logarithm of the distribution is a normal distribution. 	Situations where values are positively skewed.	Real estate prices, stock prices, pay scales, oil reservoir size.
 Uniform  Discrete Uniform	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum is fixed. • Maximum is fixed. • All values in range are equally likely to occur. • Discrete Uniform is the discrete equivalent of the Uniform distribution. 	When you know the range and all possible values are equally likely.	A real estate appraisal, leak on a pipeline.
<i>Less commonly used distributions are listed below and on the back side of the card.</i>			
 Binomial  Yes-No	<ul style="list-style-type: none"> • For each trial, only 2 outcomes are possible; usually, success or failure. • Trials are independent. • Probability is the same from trial to trial. • The Yes-No distribution is equivalent to the Binomial distribution with one trial. 	Describes the number of times an event occurs in a fixed number of trials, also used for Boolean logic (true/false or on/off).	Number of heads in 10 flips of a coin, likelihood of success or failure.
 Beta	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum and maximum range is between 0 and a positive value. • Shape can be specified with two positive values, alpha and beta. 	Represents variability over a fixed range, describes empirical data.	Representing the reliability of a company's devices.
 BetaPERT	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum and maximum are fixed. • It has a most likely value in this range, which forms a triangle with the minimum and maximum; betaPERT forms a smoothed curve on the underlying triangle. 	When you know the minimum, maximum, and most-likely values, <i>useful with limited data</i> .	Similar to Triangular, but especially for project management.
 Exponential	<ul style="list-style-type: none"> • Distribution describes the time between occurrences. • Distribution is not affected by previous events. 	Describes events that recur randomly.	Time between incoming phone calls, time between customer arrivals.

Tabel 2.1. Cont'd

<i>Distribution</i>	<i>Conditions</i>	<i>Applications</i>	<i>Examples</i>
 Gamma	<ul style="list-style-type: none"> • Possible occurrences in any unit of measurement is not limited. • Occurrences are independent. • Average number of occurrences is constant from unit to unit. 	Applied for physical quantities, such as the time between events when the event process is not completely random.	Demand for expected number of units sold during lead time, meteorological processes (pollutant concentrations).
 Weibull	<ul style="list-style-type: none"> • This flexible distribution can assume the properties of other distributions. • When shape parameters equal 1, it is identical to Exponential; when equal to 2, it is identical to Rayleigh. 	Fatigue and failure tests or other physical quantities.	Failure time in a reliability study, breaking strength of a material in a control test.
 Max Extreme  Min Extreme	Conditions and parameters are complex. See: Castillo, Enrique. <i>Extreme Value Theory in Engineering</i> . London: Academic Press, 1988.	Describes largest value (Max Extreme) or smallest value (Min Extreme) of a response over time or the breaking strength of materials.	Largest or smallest flood flows, rainfall, and earthquakes, aircraft loads and tolerances.
 Logistic	Conditions and parameters are complex. See: Fishman, G. <i>Springer Series in Operations Research</i> . NY: Springer-Verlag, 1996.	Describes growth.	Growth of a population as a function of time, some chemical reactions.
 Student's t	<ul style="list-style-type: none"> • Midpoint value is most likely. • It is symmetrical about the mean. • Approximates the Normal distribution when degrees of freedom are equal to or greater than 30. 	Econometric data.	Exchange rates.
 Pareto	Conditions and parameters are complex. See: Fishman, G. <i>Springer Series in Operations Research</i> . NY: Springer-Verlag, 1996.	Analyzes other distributions associated with empirical phenomena.	Investigating distributions associated with city population sizes, size of companies, stock price fluctuations.
 Poisson	<ul style="list-style-type: none"> • Number of possible occurrences is not limited. • Occurrences are independent. • Average number of occurrences is the same from unit to unit. 	Describes the number of times an event occurs in a given interval (usually time).	Number of telephone calls per minute, number of defects per 100 square yards of material.
 Hypergeometric	<ul style="list-style-type: none"> • Total number of items (population) is fixed. • Sample size (number of trials) is a portion of the population. • Probability of success changes after each trial. 	Describes the number of times an event occurs in a fixed number of trials, but trials are dependent on previous results.	Chance of a picked part being defective when selected from a box (without replacing picked parts to the box for the next trial).
 Neg Binomial	<ul style="list-style-type: none"> • Number of trials is not fixed. • Trials continue to the r th success (trials never less than r). • Probability of success is the same from trial to trial. 	Models the distribution of the number of trials or failures until the r th successful occurrence.	Number of sales calls before you close 10 orders.
 Geometric	<ul style="list-style-type: none"> • Number of trials is not fixed. • Trials continue until the first success. • Probability of success is the same from trial to trial. 	Describes the number of trials until the first successful occurrence.	Number of times you spin a roulette wheel before you win, how many wells to drill before you hit oil.
 Custom	<ul style="list-style-type: none"> • Very flexible distribution, used to represent a situation you cannot describe with other distribution types. • Can be either continuous or discrete or a combination of both. • Used to input an entire set of data points from a range of cells. 		

2.4.2. Uji Goodnes-of -Fit

Satu cara yang cepat untuk memeriksa apakah satu himpunan data mentah tertentu sesuai dengan distribusi teoritis tertentu adalah membandingkan secara grafik distribusi empiris kumulatif dengan fungsi kepadatan kumulatif yang

bersesuaian dari distribusi teoritis yang bersangkutan. Jika kedua fungsi tersebut tidak memperlihatkan deviasi yang berlebihan, terdapat kemungkinan yang cukup besar bahwa distribusi teoritis itu sesuai dengan data mentah tersebut.

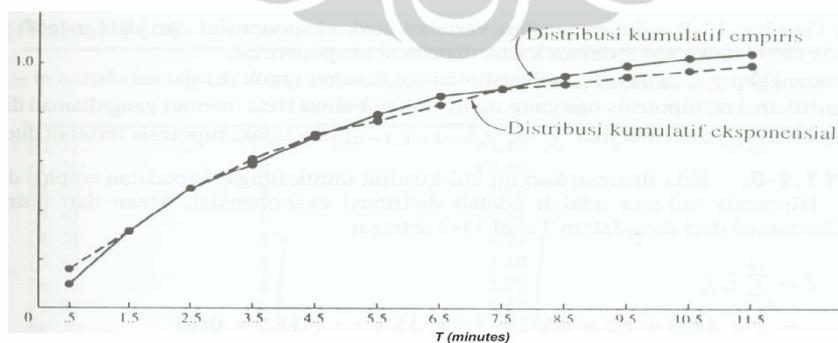
Untuk mengilustrasikan prosedur ini, pertimbangkan distribusi empiris, misalkan bahwa kita berkeinginan untuk menguji apakah data tersebut ditarik dari sebuah distribusi eksponensial. Tugas pertama yang dihadapi adalah menyatakan distribusi teoritis yang dihipotesiskan. Karena $\bar{x} = 3,937$ menit, distribusi eksponensial yang diajukan diketahui sebagai³³ :

$$f(t) = \frac{1}{3.937} e^{-t/3.937} = .254e^{-2.54t}, \quad t > 0 \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

dan fungsi kepadatan kumulatif yang berkaitan dihitung sebagai

$$F(T) = \int_0^T f(t) dt = 1 - e^{-.254T}, \quad T > 0 \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

Gambar 2.4. membandingkan F(T) dengan distribusi kumulatif empiris. Penelitian sekilas terhadap grafik ini menyiratkan bahwa distribusi eksponensial kemungkinan menghasilkan kesesuaian yang wajar. Sebenarnya, gagasan untuk membandingkan distribusi empiris dan distribusi teoritis adalah dasar untuk **uji Kolmogrov-Smirnov (K-S)**. Uji ini, yang hanya dapat diterapkan untuk variabel acak kontinyu, memanfaatkan sebuah statistik untuk menerima atau menolak distribusi yang dihipotesiskan dengan tingkat signifikansi tertentu³⁴.



Gaambar 2.4. Perbandingan Dalam Uji Kolmogrov-Smirnov

³³ Hamdy A. Taha, Op. Cit, Hal 480.

³⁴ Hamdy A. Taha Op. Cit, Hal 481.

Uji statistik lainnya, yang berlaku baik untuk variabel acak diskrit maupun kontinyu, adalah uji chi-kuadrat. Uji ini didasari oleh perbandingan fungsi kepadatan probabilitas, daripada fungsi kepadatan kumulatif seperti dalam uji K-S. Langkah pertama dalam prosedur chi-kuadrat adalah mengembangkan sebuah histogram frekuensi. Dengan menggambarkan histogram frekuensi, kita dapat secara visual memutuskan fungsi kepadatan teoritis mana yang paling sesuai dengan data dalam bentuk histogram tersebut.

Uji chi-kuadrat didasari oleh pengukuran “jumlah” deviasi antara fungsi kepadatan empiris dan teoritis. Untuk mencapai tugas ini, anggaplah $[I_{i-1}, I_i]$ mewakili batas-batas interval i sebagaimana didefinisikan dalam distribusi empiris dan asumsikan bahwa $f(t)$ adalah fungsi kepadatan teoritis yang dihipotesiskan. Dengan diketahui sampel dan mentah dengan ukuran n , maka frekuensi teoritis yang berkaitan dengan interval i dihitung sebagai

$$n_i = n \int_{I_{i-1}}^{I_i} f(t) dt, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots \dots \dots (2.25)$$

dimana m adalah jumlah sel yang dipergunakan dalam mengembangkan fungsi kepadatan empiris.

Dengan diketahui n_i , sebuah ukuran deviasi antara frekuensi empiris dan yang diamati dihitung sebagai

$$X^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - n_i)^2}{n_i} \quad \dots \dots \dots (2.26)$$

dimana X^2 cenderung chi-kuadrat secara asimtot $m \rightarrow \infty$. Angka derajat dari chi-kuadrat adalah $m - k - 1$, dimana k adalah jumlah parameter yang diestimasi dari data mentah untuk dipergunakan dalam mendefinisikan distribusi teoritis yang bersangkutan. Misalnya, untuk menggunakan distribusi eksponensial sebagai distribusi teoritis yang dihipotesiskan untuk histogram empiris, nilai mean dari variabel acak eksponensial dari data mentah perlu diestimasi. Ini berarti bahwa $k = 1$ dalam kasus distribusi eksponensial³⁵.

Dengan menganggap X^2 $m-k-1$, $1 - \alpha$ sebagai nilai chi-kuadrat untuk derajat kebebasan $m - k - 1$ dan tingkat signifikansi α hipotesis nol yang

³⁵ Hamdy A. Taha Op. Cit, Hal 482.

menyatakan bahwa data mentah yang diamati ditarik dari distribusi teoritis $f(t)$ diterima jika $X^2 < X^2_{m-k-1, 1-\alpha}$; jika tidak, hipotesis tersebut ditolak.

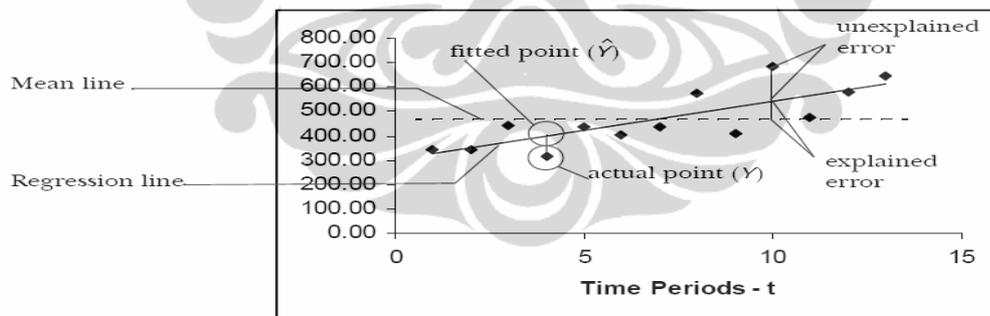
2.5. Multiple Regression

Multiple Regression merupakan pengembangan dari model regression sederhana yang dijelaskan pada bagian 2.3.3. *Multiple Regression* digunakan untuk data dimana salah satu data seri (*variabel dependen*) adalah satu fungsi, atau bergantung (*dependent*) pada data seri lain (*variabel independen*). Sebagai contoh, hasil dari satu panen selada tergantung pada ketersediaan air, waktu pencahayaan setiap hari, dan jumlah penggunaan pupuk. Tujuan *multiple regression* untuk mencari suatu persamaan matematis yang menghubungkan antara *independen variabel* dan *dependen variabel* yang menggunakan *historical data*.

Persamaan linier menggambarkan bagaimana variabel independen (x_1, x_2, x_3, \dots) bersatu untuk mendefinisikan satu variabel dependen (y). Persamaan untuk multiple regression adalah :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + e \dots \dots \dots \text{lihat (2.12)}$$

dimana $b_1, b_2,$ dan $b_3,$ adalah koefisien dari variabel independen, b_0 adalah y -menginterupsi, dan e adalah error.



Gambar 2.5. Multiple Regression

2.5.1. Parameter Methods of Error Multiple Regression Dalam Crystal Ball

Method of Error adalah suatu metode yang digunakan sebagai analisa penyimpangan data input terhadap model. Perhitungan dalam crystal ball adalah dengan menghitung mean of error dimana dalam tool CB predictor ada 3 pilihan metode yaitu : *Root Mean Square Error (RMSE)*, *Mean Absolute Deviation (MAD)* dan *Mean Absolute Percent Error (MAPE)*. Nilai terbaik yang ditentukan oleh program berdasarkan nilai terendah dari 3 metode tersebut. Dengan me-rank

mulai dari nilai terkecil sampai terbesar maka dapat ditentukan model yang terbaik. Akurasi akan semakin baik jika ketiga metode tersebut menghasilkan nilai terkecil.³⁶ Untuk penelitian ini metode yang digunakan adalah MAD yang sering digunakan dalam peramalan. Formula untuk MAD adalah:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : y_t = nilai actual dalam periode waktu
 \hat{y}_t = nilai prediksi dalam periode waktu
 n = jumlah data

2.5.2.Parameter Methods of Statistic Multiple Regression Dalam Crystal Ball

1. R^2 adalah koefisien determinasi yang menunjukkan prosentase variabilitas dari variabel dependen yang menjelaskan persamaan regresi yang dibentuk atau koefisien determinasi yang menjelaskan sejauh mana penyimpangan dapat dijelaskan . Sebagai contoh, satu $R^2 = 0.36$ menunjukkan bahwa persamaan regresi untuk 36% variabilitas dari variabel dependen. Formula untuk R^2 adalah :

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \text{ lihat (2.11)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Sedangkan R merupakan koefisien korelasi yang menjelaskan kedekatan penyebaran data disekitar garis regresi yang dibentuk oleh persamaan. Catatan³⁷ jika *fit* dengan hasil terbaik maka semua residual adalah 0 dan $R^2 = 1,0$. Tapi jika $(\hat{y}_i - \bar{y})^2 < (y_i - \bar{y})^2$ maka $R^2 \approx 0$.

2. *Adjusted R²* menunjukkan koefisien determinasi R^2 setelah koefisien non determinasi dikoreksi oleh derajat kebebasan (degree of freedom). Formula untuk *Adjusted R²*:

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - k - 1} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana : R^2 = Koefisien determinasi
 n = jumlah data k = jumlah variabel dependen

³⁶ Vincent Gaspersz, Production Planning and Inventory Control, Vincent Foundation, Gramedia, Jakarta, 2005, hal 80.
³⁷ R.E. Walpole, R.H. Myers, S.L. Myers and K. Ye, Probability and Statistics For Engineers and Scientists, Eighth Edition, PEARSON Prentice Hall, 2007.

3. SSE digunakan untuk menaksir koefisien regresi minimum pada statistik, mengukur error yang tidak masuk dalam garis regresi. Untuk banyak garis yang tergambar dalam scatter plot data, terdapat angka yang berbeda antara garis data terbaik. Salah satu metoda untuk membandingkan kecocokan dari garis lurus tersebut dengan mengkalkulasi SSE (Sum of the Squared Error) untuk masing-masing garis. SSE yang paling rendah, merupakan line terbaik untuk data. Formula SSE adalah :

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

4. *F- Statistik* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur signifikan relasi antara dependen variabel dengan independen variabel. Penyusunan hipotesis dibutuhkan untuk mengetahui sejauh mana penolakan terhadap relasi antar variabel. Formula untuk F adalah :

$$F = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 / (m - 1)}{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n - m)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

\bar{Y} = mean dari data dalam periode

\bar{Y} = total fitted data

\hat{Y}_i = nilai forecast dalam priode i

m = adalah koefisien dalam regresi.

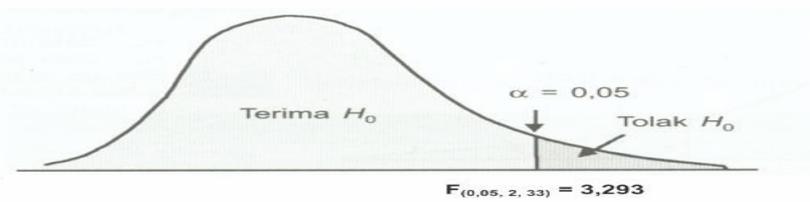
N = jumlah data

Untuk penelitian ini maka akan dibuat suatu hipotesis untuk mengukur F-statistic tersebut. Dimana :

- H_0 : $b_1 = b_2 = \dots = b_n = 0$
- H_1 : Paling sedikit b_j (koefisien) $\neq 0$

Dimana jika F statistic $> F_{(\alpha, df_1, df_2)}$ maka H_0 ditolak, df_1 = jumlah variabel independen, $df_2 = \text{jumlah data} - df_1 - 1$

- ❖ Untuk 2 variabel independen maka didapat $df_2 = 36 - 2 - 1 = 33$ data dari tabel yang telah diinterpolasi mendapatkan hasil $F_{(\alpha, df_1, df_2)} = 3,293$



Gambar 2.6. F-statistik Untuk Jumlah Independen Variabel =2

- ❖ Untuk 3 variabel independen maka didapat $df_2 = 36 - 3 - 1 = 32$ data dari tabel yang telah diinterpolasi mendapatkan hasil $F_{(\alpha, df_1, df_2)} = 2,88$



Gambar 2.7. F-statistik Untuk Jumlah Independen Variabel =3

5. *t-test (t-statistic)* digunakan untuk menjelaskan signifikansi relasi antara koefisien variabel dependen dengan variabel independen di dalam model secara individual, termasuk juga karena keberadaan independen variabel yang lainnya

$$t = \frac{b_p}{se(b_p)} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana : b_p adalah koefisien untuk pengecekan

$se(b_p)$ = adalah standart error koefisien

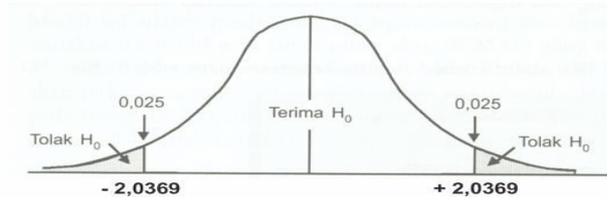
CB predictor menyediakan dua informasi yaitu t statistic dan probability atau probabilitas nilai tersebut. Hipotesis dengan tanda “=” dan hipotesis alternative dengan tanda “ \neq ” menandai bahwa uji statistic dua sisi dengan $\pm\alpha$. Jika diketahui $\alpha = 0,05$ maka α dibagi dua menjadi $\alpha = 0,025$. Pada penelitian ini akan ditentukan nilai t sesuai dengan jumlah data menurut periode yaitu 36 periode.

Dimana penentuan hipotesisnya :

- $H_0 : b_j$ (koefisien) = 0
- $H_1 : b_j$ (koefisien) $\neq 0$

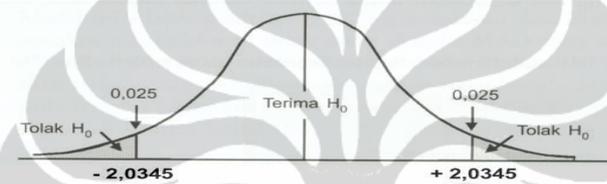
Dimana jika t statistic $> t_{(\alpha,df)}$, maka H_0 ditolak dimana $df = \text{jumlah data} - \text{jumlah variabel independen} - 1$. Untuk penelitian ini maka akan dilihat dibagi dalam 2 kategori

❖ $t_{(\alpha,df)} = \pm 2,0369$, dimana $df = 36 - 3 - 1 = 32$.



Gambar 2.8. t-statistik Untuk Jumlah Independen Variabel =3

❖ $t_{(\alpha,df)} = \pm 2,0345$, dimana $df = 36 - 2 - 1 = 33$



Gambar 2.9. t-statistik Untuk Jumlah Independen Variabel =2

6. p menunjukkan probabilitas dari perhitungan F atau t statistik. Sebuah nilai p adalah baik dan F statistik tidak coincidental, oleh karena itu, sangat signifikan. Nilai F statistik yang significant berarti bahwa hubungan antara variabel dependen dan kombinasi variabel independen adalah signifikan. Secara umum, nilai p yang diharapkan adalah kurang dari 0.05.
7. Durbin-Watson untuk menelaah autocorrelation pada lag 1. Durbin-Watson sendiri mempunyai batasan statistic untuk autocorrelation. Nilai yang digunakan dalam Durbin-Watson antara 0-4 dengan batasan seperti pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2. Parameter Ukuran Untun Durbin Watson

Durbin-Watson Statistic	Means:
Less than 1	The errors are positively correlated. An increase in one period follows an increase in the previous period.
2	No autocorrelation.
More than 3	The errors are negatively correlated. An increase in one period follows an decrease in the previous period.

Formula Durbin-Watson :

$$\frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

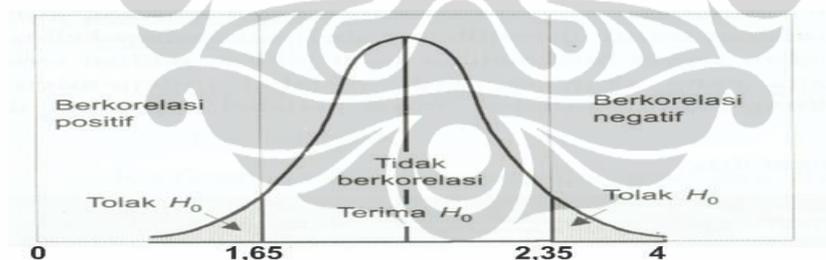
Durbin-Watson untuk menelaah *autocorrelation* pada *lag* 1. *Durbin-Watson* sendiri mempunyai batasan statistic untuk autocorrelation, pada penelitian ini ada 2 dan 3 independen variabel maka dapat ditentukan hipotesis:



Gambar 2.10. Durbin-Watson Test dengan 2 Independen Variabel

Batasan kritis untuk Durbin-Watson dengan 2 independen variabel berdasarkan tabel adalah 1,59, untuk batas maksimum titik kritis adalah 2,41 yang menandakan bahwa mendekati correlasi negative walaupun Durbin-Watson menetapkan batasan lebih dari 3 adalah autocorrelation negative. Sehingga dapat ditentukan

- $H_0 : 1,59 < DW < 2,41 =$ tidak terjadi autocorellation
- $H_1 : 1,59 > DW$ atau $DW > 2,41 =$ terjadi autocorellation positif atau negative.



Gambar 2.11. Durbin-Watson Test dengan 3 Varibel Independen

Batas kritis untuk Durbin-Watson dengan 3 independen varibel berdasarkan tabel adalah 1,65, untuk batas maksimum titik kritis adalah 2,35 yang menandakan bahwa mendekati correlasi negative walaupun Durbin-Watson menetapkan batasan lebih dari 3 nilai adalah autocorrelation negative. Sehingga dapat ditentukan

- $H_0 : 1,65 < DW < 2,35 =$ tidak terjadi autocorellation
- $H_1 : 1,65 > DW$ atau $DW > 2,35 =$ terjadi autocorellation positif atau negatif

Hasil Durbin Watson dapat dilihat pada tabel-tabel Method of Statistic pada independen variabel dan dapat dianalisa methods of statistic.

- 8. *Theil's U* adalah sebuah alat untuk membandingkan antara hasil ramalan dengan *naive forecast*, yaitu sebuah model ramalan dimana nilai ramalan periode t sama dengan nilai data t-1, jika :

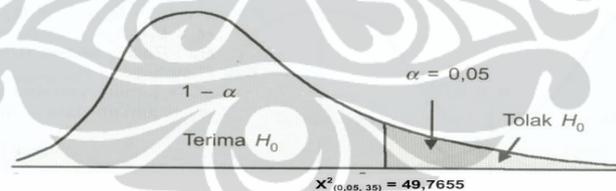
Formula untuk *Theil's U* adalah :

$$U = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{\hat{Y}_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t} \right)^2}}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}} \dots\dots\dots(2.20)$$

- *Theil's U* < 1 ramalan lebih baik dibanding pendugaan
- *Theil's U* = 1 ramalan tidak berbeda dengan pendugaan
- *Theil's U* > 1 ramalan lebih buruk dari pendugaan

- 9. *Ljung Box* adalah alat untuk menguji keacakan (*randomness*) berdasarkan plot data untuk mengetahui apakah data memiliki seasonality atau tidak. Jika *Ljung-Box* kurang dari 0,05 maka susunan autocorrelation *significant* dan mungkin seasonality terdapat pada data tersebut. Formula Kriteria *Ljung-Box* adalah :

$$Q' = n(n+2) \sum_{k=1}^{h-1} \frac{r_k^2}{(n-k)} \dots\dots\dots(2.21)$$



Gambar 2.12. *Ljung-Box* Test

- H_0 : data acak
- H_1 : data tidak acak

Jika *Ljung Box* > $x^2(\alpha, df)$ maka H_0 ditolak, $df =$ jumlah data – 1.

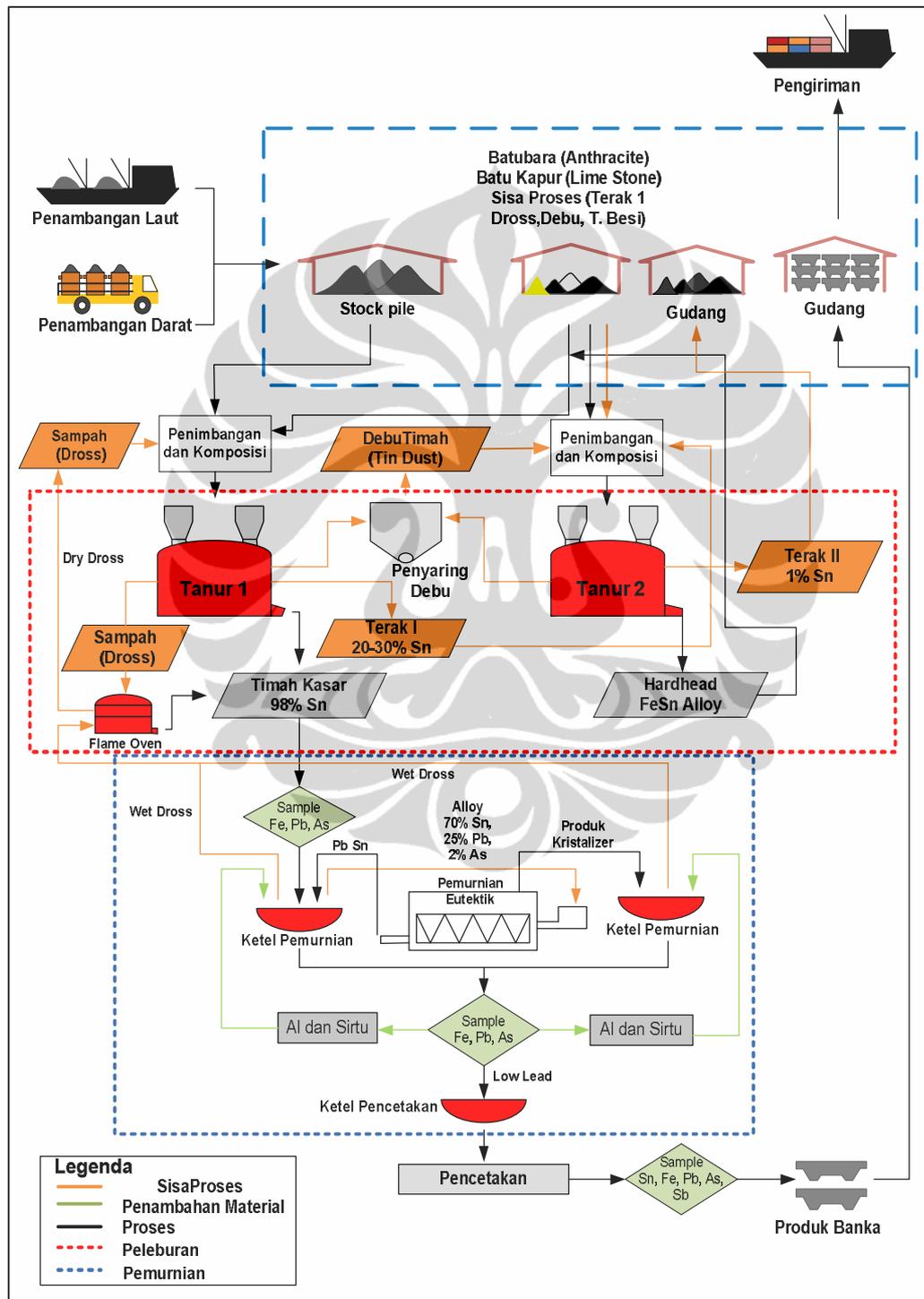
Untuk pengujian dengan 36 data maka $df=35$ $\alpha=0,05$ maka $x^2 = 49.7655$

- 10. *Autocorellation Statistic* untuk membantu mendeteksi seasonality di dalam historical data. Formula yang digunakan adalah :

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})^2} \dots\dots\dots(2.22)$$

2.6. Proses Produksi Balok Timah

Pembuatan timah balok merupakan suatu rangkaian proses produksi yang mengolah raw material (*input*) menjadi produk akhir yaitu balok timah (*output*). Gambar dibawah ini menunjukkan proses produksi logam Timah.



Gambar 2.13. Proses Produksi Balok Timah

2.6.1. Proses Penerimaan Pasir Timah (Raw Material)

Proses awal produksi dimulai dengan menerima raw material dari hasil eksploitasi penambangan darat dan laut berupa pasir timah yang diproses kembali di pencucian (*washing plant*) untuk memperoleh kadar Sn > 70 %. Biji timah hasil pencucian ditumpuk di gudang untuk selanjutnya dibawa ke peleburan pasir timah. Pengendalian proses penerimaan pasir timah terutama pada kadar Sn bertujuan agar logam timah yang akan dilebur menghasilkan logam timah dengan unsur pengotor yang sedikit.

2.6.2. Proses Peleburan

Proses kedua adalah peleburan pasir timah yang telah dicampurkan dengan batu kapur, dan batubara halus (*anthracite*). Suhu peleburan maksimum adalah 1400°C dan Minimum 1300°C . Tujuan utama dari peleburan ini adalah untuk mendapatkan biji timah (*tin ore*) dengan kadar Sn > 98%. *Tapping biji* adalah istilah dalam peleburan saat mengeluarkan terak 1 dan logam timah dari tanur. Sisa dari peleburan ini berupa terak 1 (Sn sebesar 20-30%), dross, dan tin dust (debu timah). Ketiga bahan ini tidak dibuang melainkan dikumpulkan lagi di gudang untuk selanjutnya diolah kembali. Peleburan kedua lebih dikenal dengan istilah peleburan terak dimana *raw material* yang dilebur adalah sisa peleburan dan pemurnian timah. *Tapping terak* merupakan istilah yang digunakan dalam mengeluarkan terak 2 dan harhead dari dalam tanur.

2.6.3. Proses Pemurnian dan Penuangan Timah

Proses ketiga adalah pemurnian dan penuangan dimana timah dengan kadar Sn > 98% dimasukkan kedalam ketel. Tujuan utama dari pemurnian untuk memperoleh kandungan Sn > 99% dan memisahkan unsur pengotor. Hampir semua produk menggunakan nama Banka karena proses produksi awal hampir sama. Berikut adalah beberapa istilah yang digunakan dalam pemurnian yang tujuan utamanya untuk memisahkan atau mendapatkan logam timah dengan kadar Sn 99,9%.

1. Stiring Belerang : menurunkan impurities unsur tembaga (Cu) dalam logam timah pada suhu 320-300 C
2. Stiring Tembaga : untuk menambahkan unsure Cu, apabila kadar tembaga Cu didalam logam timah terlampau rendah suhu 320-300 C.

3. Stirring AL : Menurunkan impurities unsure Arsen (As) dalam logam timah, temperature 370-350C

Setelah penambahan unsur-unsur tersebut cukup maka proses selanjutnya adalah *polling* yang bertujuan Al dan As cepat terbentuk dan mengapung pada permukaan timah cair. Setelah polling selesai maka dilakukan uji komposisi untuk mengetahui kadar Sn dalam logam cair. Setelah seluruh proses ini selesai maka selanjutnya adalah menuang logam kedalam ketel tuang untuk selanjutnya dituang kedalam cetakan logam.

2.7. Identifikasi Variabel-Variabel Resiko

Identifikasi dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses produksi logam timah. Dari hasil diskusi bahwa dalam proses produksi logam ada empat factor yang paling berpengaruh pada proses produksi. Faktor-faktor tersebut adalah bagian dalam proses produksi logam timah seperti : proses penerimaan material, proses peleburan dan proses pemurnian. Jika salah satu factor tidak dapat bekerja dengan optimal maka seluruh proses akan terhenti. Dalam tiga proses utama ini terdapat variabel-variabel yang paling potensial menimbulkan resiko dan kegagalan. Ketidakpastian dari penggunaan material dan bahan lainnya dapat terlihat dari data-data kuantitas penggunaan material dan bahan-bahan pembantu. Analisa terhadap setiap penggunaan material dan bahan-bahan pembantu berkaitan erat dengan ketersediaan raw material, jadi setiap faktor dalam proses produksi akan saling terkait satu dengan yang lainnya.

2.7.1. Identifikasi Resiko Pada Proses Penerimaan Material

Penerimaan material bertanggung jawab pada penerimaan biji timah hasil dari aktivitas tambang dan suplay bijih timah kedalam tanur. Jadi walaupun tanpa data produksi tambang penerimaan bijih timah telah mencerminkan aktivitas penambangan. Jika dalam penambangan timah yang dihasilkan adalah bijih timah kotor maka penerimaan material penerima bijih timah yang telah dibersihkan. Untuk keperluan penelitian ini maka data yang digunakan adalah data penerimaam bijih timah yang telah dibersihkan (*washing plant*).

Tabel 2.3. Identifikasi Resiko Pada Penerimaan Material

No	Identifikasi Resiko Penerimaan Material
1	Jumlah Penerimaan Bijih Timah (Produksi Tambang)
2	Jumlah Penerimaan Terak (Produksi Peleburan)
3	Kandungan Sn dalam Bijih Timah
4	Kandungan Sn dalam Terak

Sebelum dilebur raw material ditimbang dan diuji komposisi untuk mengetahui kadar Sn dalam raw material. Tujuannya adalah untuk mengatur pengeluaran raw material dan mengontrol kadar Sn yang akan dilebur. Raw material yang tidak masuk kualifikasi adalah raw material dengan kadar Sn < 70 %. Selain mengatur raw material berupa bijih timah, penerimaan material juga mengatur jumlah penggunaan terak sebagai raw material. Kadar Sn yang berkisar antara 40% - 20% menjadikan terak masih sangat ekonomis untuk dilebur kembali. Variabel-variabel ini dinilai sangat beresiko karena jumlah penggunaan dan kualitas raw material selalu tidak sama pada setiap bulannya. Tabel 2.3. menunjukkan variabel-variabel yang paling berpengaruh proses penerimaan material.

2.7.2. Identifikasi Resiko Pada Proses Peleburan

Proses peleburan adalah proses pencairan bijih timah menjadi logam cair dengan kandungan Sn > 90% dengan suhu peleburan diatas 1400 °C. Suhu peleburan yang tinggi ini bertujuan untuk mencairkan logam ikutan dalam bijih timah. Suhu peleburan yang tinggi tersebut dapat mencairkan logam-logam seperti Fe, Pb, dan lain-lain. Identifikasi pada proses peleburan ini hanya pada penggunaan BBM dan terak yang berpengaruh terhadap pembakaran dalam tanur, serta penggunaan fluks yang berfungsi sebagai pengikat material pengotor.

Tabel 2.4. Identifikasi Resiko Pada Proses Peleburan

No	Identifikasi Resiko Pada Proses Peleburan
1	Jumlah Penggunaan Bijih Timah
2	Jumlah Penggunaan Terak
3	Jumlah Penggunaan BBM pada Peleburan Bijih Timah
4	Jumlah Penggunaan Reduktor pada Peleburan Bijih Timah
5	Jumlah Penggunaan Fluks pada Peleburan Bijih Timah
6	Jumlah Penggunaan BBM pada Peleburan Terak 1
7	Jumlah Penggunaan Reduktor pada Peleburan Terak 1
8	Jumlah Penggunaan Fluks pada Peleburan Terak 1

Ukuran penggunaan bahan-bahan tersebut (BBM, reduktor dan fluks) bervariasi dan sangat sukar untuk diprediksi secara tepat sehingga penggunaan bahan untuk peleburan menjadi berbeda-beda untuk setiap ton material yang dilebur hal ini berakibat sulitnya menentukan efisiensi yang tepat antara jumlah bahan yang dilebur dengan jumlah bahan pembantu yang digunakan dalam proses peleburan. Penggunaan ketiga bahan ini bersifat random walaupun perusahaan telah menentukan ukuran yang jelas dan ditangani oleh staff yang berpengalaman, sehingga penggunaan ketiga bahan tersebut sangat beresiko terhadap kegagalan proses peleburan dan produksi logam timah. Tabel 2.4. Identifikasi resiko pada proses peleburan bijih timah dan terak

2.7.3. Identifikasi Resiko Pada Proses Pemurnian Logam

Proses pemurnian merupakan bagian akhir dari proses produksi logam timah. Seperti yang dijelaskan sebelumnya pada proses pemurnian ada istilah *stirring* belerang, tembaga, Al dan *polling* yang sangat menentukan dalam proses pemurnian logam timah. Sesuai dengan namanya proses *stirring* membutuhkan bahan-bahan seperti *sulfur* (belerang), tembaga (Cu), dan Al *scrap*. Sedangkan untuk *polling* bahan yang dibutuhkan adalah serbuk kayu dan tanah liat. Penambahan Al dan sulfur pada proses pemurnian akan meningkatkan jumlah Sn dalam logam timah dengan jalan mengendapkan bahan-bahan ikutan dan mengikat bahan-bahan ikutan tersebut.

Tujuan dari proses pemurnian ini adalah untuk mendapatkan kadar Sn > 94%. Penggunaan bahan-bahan seperti Al dan Sulfur secara metalurgi mampu meningkatkan kadar Sn dan dapat menjadi variabel-variabel yang potensial terhadap kegagalan proses produksi logam timah. Penelitian ini tidak membahas aspek-aspek resiko secara metalurgi, penelitian hanya akan membahas masalah penggunaan material saja. Tabel 2.5. Faktor-faktor resiko pada proses pemurnian.

Tabel 2.5. Faktor-faktor Resiko Pada Proses Pemurnian

No	Faktor Resiko Pada Proses Pemurnian
1	Jumlah Penggunaan Serbuk Kayu
2	Jumlah Penggunaan Tanah Liat
3	Jumlah Penggunaan Aluminium Scrap
4	Jumlah Penggunaan Sulfur (S)

2.7.4. Model Analisa Resiko Pemrosesan Logam Timah

Hasil identifikasi menghasilkan beberapa variabel yang mempengaruhi tiap-tiap proses produksi logam. Pengolahan data dengan menggunakan metode multiple regression akan menghasilkan suatu rumus matematis atau model matematis. Model matematis yang digunakan adalah dengan metode multiple regression dimana setiap variabel-variabel resiko dalam proses produksi logam timah dikorelasikan sehingga membentuk suatu persamaan matematis.

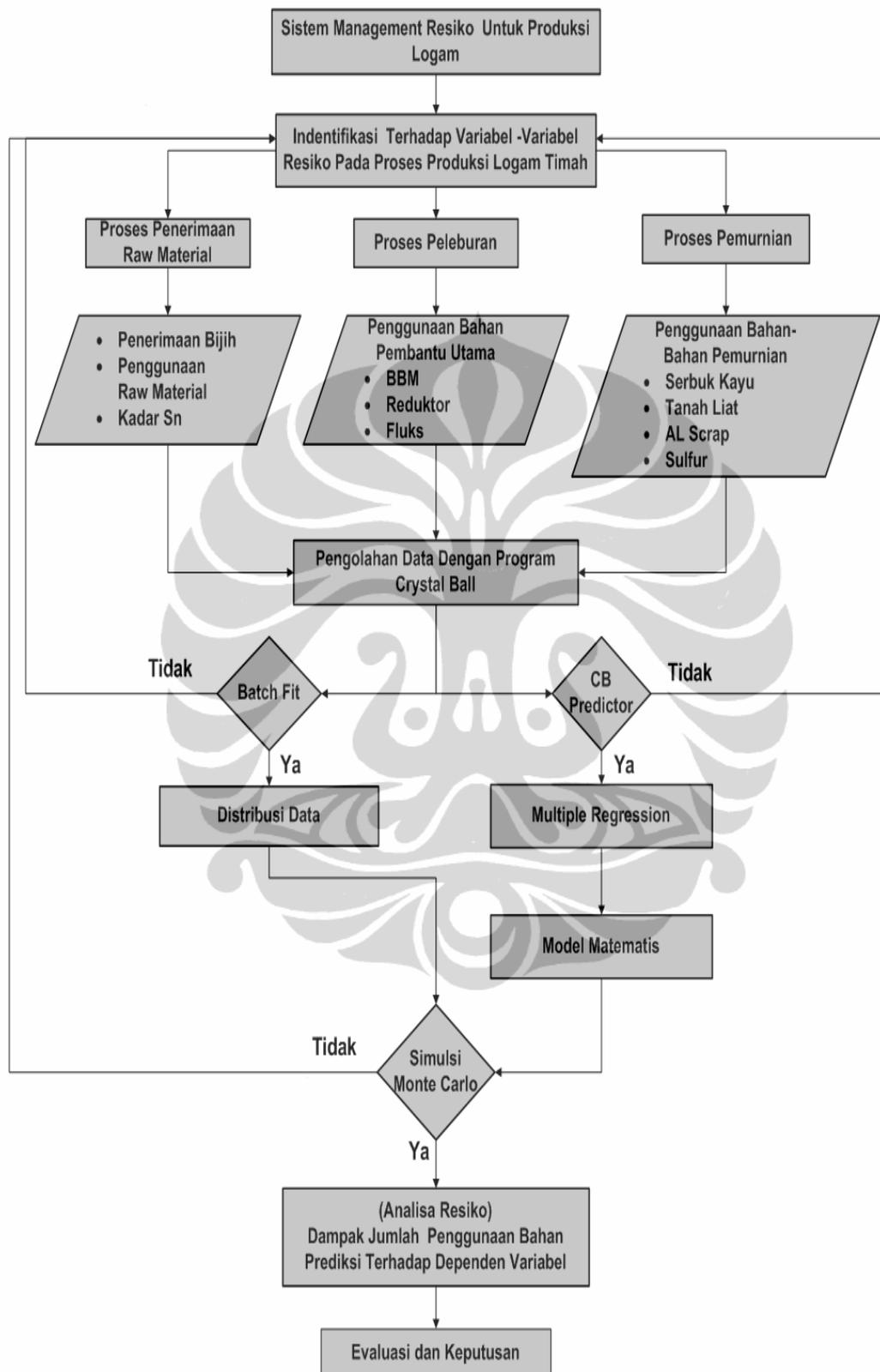
Model matematis yang dihasilkan hanya memberikan suatu hubungan antara dependen variabel dan independent variabel oleh karenanya simulasi dibutuhkan untuk menjalankan model tersebut sehingga diperoleh suatu hasil yang maksimal. Simulasi monte carlo merupakan salah satu metode yang akan digunakan dalam menjalankan model berdasarkan scenario atau keadaan tertentu yang digambarkan dalam distribusi probabilitas data. Penggabungan multiple regression dan monte carlo diharapkan mampu memberikan hasil yang maksimal dalam mengetahui dampak dari resiko proses produksi logam timah.

Variabel- variabel resiko yang telah teridentifikasi selanjutnya ditentukan variabel independen dan dependen, tujuan dari penentuan ini adalah untuk melihat seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan oleh independen variabel terhadap dependen variabel. Tidak semua variabel tersebut digunakan mengingat bentuk data dan satuan yang digunakan berbeda-beda. Pada penelitian ini variabel-variabel yang digunakan hanya berdasarkan fungsi variabel tersebut pada setiap proses produksi. Tabel 2.9. berikut ini akan menjelaskan penentuan variabel-variabel tersebut.

Tabel 2.6.. Variabel Dependen dan Independen

No	Analisa	Dependen Variabel (Y _i)	Independen Variabel (X ₁ , X ₂ ,...,X _n)
1	Hubungan Antara Produksi Tambang Terhadap Penggunaan Bijih Timah	Penggunaan Bijih Timah	X ₁ = Penerimaan Bijih Timah X ₂ = Kadar Sn Dalam Bijih Timah
2	Hubungan Produksi Terak Terhadap Penggunaan Bijih Timah	Penggunaan Terak	X ₁ = Penerimaan Terak X ₂ = Kadar Sn Dalam Terak
3	Hubungan Penggunaan Bahan-bahan Pembantu Terhadap Peleburan Bijih Timah	Penggunaan Bijih Timah	X ₁ = Penggunaan BBM Pada Peleburan Bijih Timah X ₂ = Penggunaan Reduktor Pada Peleburan Bijih X ₃ = Penggunaan Fluks Pada Peleburan Bijih Timah
4	Hubungan Penggunaan Bahan-bahan Pembantu Terhadap Peleburan Terak	Penggunaan Terak	X ₁ = Penggunaan BBM Pada Peleburan Terak X ₂ = Penggunaan Reduktor Pada Peleburan Terak X ₃ = Penggunaan Fluks Pada Peleburan Terak
5	Hubungan Penerimaan Material, Peleburan, Pemurnian Terhadap Produksi Logam	Produksi Logam	X ₁ = Penerimaan Bijih Timah X ₂ = Peleburan Bijih Timah X ₃ = Penggunaan Al Scrap

2.7.5. Penetapan Konteks Manajemen Risiko



Gambar 2.14. Sistem Management Risiko Untuk Proses Produksi Logam Timah

Penetapan konteks manajemen risiko merupakan tahap pertama yang harus dilakukan pada proses manajemen risiko. Pada tahap ini peneliti melakukan diskusi dengan pihak management Pusmet PT. Timah Tbk. Diskusi dan wawancara bertujuan untuk mengetahui latar belakang organisasi atau tujuan aktivitas yang akan dikaji risikonya, ruang lingkup utama kegiatan manajemen risiko yang akan dilakukan, tujuan penerapan manajemen risiko yang akan dilakukan, dan menentukan kriteria risiko yang akan diukur.

Pada penelitian ini, aktivitas yang akan dikaji risikonya adalah resiko pada proses produksi logam timah meliputi proses penerimaan material, peleburan dan pemurnian yang mempengaruhi jumlah produksi logam timah selama tiga tahun. Ruang lingkup utama penerapan management resiko yang akan dilakukan adalah terhadap beberapa aktivitas dari proses produksi logam yang diyakini memberikan pengaruh terhadap produksi logam timah.

Tujuan penerapan manajemen risiko yang akan dilakukan adalah untuk menjamin kelangsungan aktivitas produksi logam timah ditengah-tengah situasi ketidakpastian ekonomi dunia serta semakin menipisnya kandungan timah di pulau Bangka. Simulasi monte carlo dan metode multiple regression diharapkan diharapkan mampu memberikan suatu hasil analisa yang dapat digunakan sebagai langkah dalam mengambil keputusan.

2.8. Profil Perusahaan

PT. Timah (Persero) Tbk sebagai salah satu BUMN yang bergerak dibidang industri pertambangan timah merupakan penggabungan dari tiga perusahaan tambang milik Belanda yang ada di Bangka, Belitung dan Singkep. Tahun 1969 Perusahaan Negara ini berubah menjadi PN Tambang Timah (Persero). Krisis industri timah dunia pada tahun 1985 yang mengakibatkan merosotnya harga timah yang mencapai titik terendah pada tahun 1989 menjadi pemicu Restrukturisasi Perusahaan pada tahun 1991-1995. Restrukturisasi ini berhasil memulihkan kesehatan dan daya saing Perusahaan, sehingga dilakukan privatisasi pada tahun 1995 melalui penawaran umum perdana (Initial Public Offering) dan mencatatkan sahamnya di Bursa Efek Jakarta, Bursa Efek Surabaya dan *London Stock Exchange*. Sejak saat itu, kepemilikan saham perusahaan 35% dimiliki masyarakat dan 65% dimiliki Negara Republik Indonesia. Sesuai dengan

ketentuan Undang-Undang Badan Usaha Milik Negara pada tahun 2007 dilakukan perubahan anggaran dasar dan nama perusahaan berubah menjadi PT. Timah (Persero) Tbk.

Untuk mencapai visi utama perusahaan "Menjadi Perusahaan Penambangan Kelas Dunia dan Pemimpin Pasar Timah Global" bidang usaha perusahaan mencakup usaha pertambangan, industri, perdagangan, pengangkutan dan jasa. Salah satu industri yang dilaksanakan adalah pengelolaan biji timah menjadi produk setengah jadi dalam bentuk balok di Unit Metalurgi yang berada di Mentok Kabupaten Bangka Barat. Keluarnya SK Menteri Perindustrian dan Perdagangan No. 146/MPP/Kep/4/1999 pada tanggal 22 April 1999 bahwa Timah dikategorikan sebagai barang bebas (tidak diawasi) dan pencabutan timah sebagai komoditi yang strategis, mengakibatkan maraknya penambangan darat yang dikelola oleh rakyat sehingga PT. Timah (Persero) Tbk lebih memfokuskan pada penambangan laut. Biji Timah sebagai bahan baku utama pada peleburan dan pemurnian timah di Unit Metalurgi berasal dari tambang rakyat dan hasil eksploitasi laut perusahaan. Tabel 2.10. menunjukkan produksi bijih timah PT. Timah Tbk dari tahun 2003-2007.

Tabel 2.7. Produksi Tambang PT. Timah Tbk

Produksi Bijih Timah	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
Darat	Ton Sn	35.394	30.301	33.243	41.011	50.252
Laut	Ton Sn	8.554	6.911	9.373	10.836	7.834
Total	Ton Sn	43.948	37.212	42.616	51.847	58.086

Sumber PT. Timah Tbk, website

Pada tahun 2007 PT. Timah Tbk mencatat keuntungan dari penjualan logam timah sebesar 1,7 trilyun yang menandakan bahwa industry timah sangat menguntungkan. Reisiko yang terbesar dalam industry pertambangan adalah terbatasnya sumber biji timah sebagai bahan baku logam timah, ditambah lagi bijih timah salah satu sumber mineral yang tak terbarukan. Eksploitasi secara besar-besaran yang dilakukan oleh rakyat menyebabkan kian menipisnya cadangan biji timah di pulau Bangka. Untuk mengantisipasi hal tersebut disersifikasi usaha mulai dilakukan oleh PT. Timah Tbk dengan mengembangkan industry ilir.

Perencanaan untuk mengembangkan produk $\frac{1}{2}$ jadi menjadi produk jadi dilakukan dengan mengembangkan produk timah solder dan tin chemical.

Tabel 2.8. Luas Kuasa Penambangan dan Cadangan

	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
Jumlah KP Timah	Wialayah	104	104	112	112	113
Luas Wilayah (darat)	ha	332,569	332,569	332,638	332,605	332,605
Luas Wilayah (laut)	ha	182,998	183,397	184,347	188,460	188,461
Luas KP	ha	515,567	515,966	516,985	521,065	521,068
Jumlah Cadangan	ton	375,211	366,741	357,221	355,870	357,641

Sumber PT. Timah Tbk, website

Unit Kerja Metalurgi (Pusmet) yang berlokasi di Kota Mentok Prop. Kep. Bangka-Belitung merupakan salah satu Unit Kerja yang bertugas mengolah bijih timah menjadi balok timah. Penerimaan bijih timah yang berasal dari penambangan darat dan laut diuji terlebih dahulu kandungan Sn, selain dari penambangan yang dilakukan PT. Timah Tbk sumber raw material juga berasal dari mitra perusahaan. Penerimaan bijih timah yang bersumber dari mitra usaha inilah yang sering berada dibawah standart Sn sehingga perlu dicuci ulang. Kandungan Sn yang baik untuk dilebur adalah sebesar 70 %. Pasir timah yang kandungan Sn < 70% di olah kembali di Pusat Pencucian Biji Timah (PPBT).

Untuk mengelola bijih timah menjadi produk $\frac{1}{2}$ jadi Pusmet Mentok juga didukung oleh 8 Tanur Tetap (TT) dan 2 Single Stage Furnace (SSF). Hasil dari peleburan adalah logam timah dan terak (slag) I yang masih mengandung Sn sekitar 25-30%. Suhu peleburan untuk memperoleh logam timah adalah 1300-1400 °C, dan logam hasil peleburan tersebut masih bercampur dengan unsur2 lain seperti Fe, As, Pb, Ni, Cu dan Sb. Pemanfaatan terak untuk diolah kembali adalah sebagai upaya perusahaan untuk menekan jumlah peleburan bijih timah yang semakin menyusut persediaannya. Selain itu pengumpulan dan pengolahan kembali sisa-sisa peleburan bijih timah adalah sebagai salah satu tanggung jawab perusahaan terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat dari proses produksi.

Tahap selanjutnya setelah proses peleburan adalah pemurnian logam timah yang bertujuan untuk memperoleh logam dengan kadar 99,9 % Sn. Dengan

mencampurkan Al, serbuk kayu dan tanah liat diharapkan unsur-unsur pengotor akan mengendap dan akan diperoleh logam timah dengan kadar Sn yang tinggi. Setelah melalui pengujian unsur, logam timah dituang ke dalam cetakan yang berbentuk balok dengan skala berat antara 16 kg sampai dengan 26 kg perbatang. Produk yang dihasilkan dapat dibentuk sesuai permintaan pelanggan dan mempunyai merek terdaftar di London Metal Exchange (LME). Produk produk tersebut antara lain : Banka Tin (Sn 99,9%), Mentok Tin (Sn 99,85%), Banka LL, dan Banka Four Nine (Sn 99,99 %).

