

Hubungan antara Risiko, Premium dan Tingkat Diskonto dalam Struktur Modal *Project Finance* dari Perspektif Teorema Utilitas

Andreas Wibowo

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman
Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum
Jalan Panyawungan Cileunyi Wetan Kabupaten Bandung 40393
E-mail: andreaswibowo1@yahoo.de

Abstrak

Struktur modal adalah salah satu isu paling relevan dalam pendanaan proyek infrastruktur publik yang melibatkan sektor swasta. Ada tiga pihak berkepentingan dengan struktur modal ini: pemerintah selaku pemegang otoritas, sponsor proyek, dan kreditor. Khusus bagi sponsor proyek dan kreditor, struktur modal yang dipilih menentukan risiko cashflow yang harus dihadapi keduanya. Tulisan ini menyajikan hasil studi teoretik menggunakan teorema utilitas untuk menjelaskan hubungan yang terjadi antara risiko, premium risiko dan cost of capital menggunakan teorema utilitas. Tulisan ini memperlihatkan premium risiko yang diminta sponsor proyek dan kreditor meningkat seiring dengan meningkatnya kewajiban pembayaran utang. Konsekuensinya, tingkat pengembalian yang diharapkan pun meningkat. Eksistensi adanya kapasitas utang proyek juga diverifikasi dalam tulisan ini. Struktur modal dapat direkayasa untuk memaksimalkan manfaat finansial bagi sponsor proyek. Selanjutnya, penting bagi analis proyek untuk berhati-hati dalam penentuan tingkat diskonto. Tingkat diskonto tidak identik tingkat suku bunga deposito bank sebagaimana banyak diterapkan dalam praktik. Isu ini menjadi sangat relevan bila dikaitkan dengan cashflow ekuitas.

Kata-kata Kunci: Teorema utilitas, premium, tingkat diskonto, risiko, cost of equity, cost of debt.

Abstract

Capital structure is one of the most relevant issues in financing of public infrastructure projects involving the private sector. Three stakeholders having vested interests with the project capital structure include the government, project sponsor and creditor. Specifically for project sponsor and creditor, the chosen capital structure determines the risk exposed to both parties individually. This paper presents research findings on the relationships of risk, risk premium, and cost of capital using utility theorem. This paper demonstrates that risk premium asked for by the project sponsor and the creditor rises with the increase in debt service obligations. Consequently, the expected rates of return escalate as well. The existence of project debt capacity is also verified in this paper. The capital structure can be designed to maximize benefit in favor of the project sponsor. Next, it is noteworthy for the project analyst to set the discount rate thoroughly. Discount rate is not simply identical with bank depositing rate as is widely used in practice. This issue is of paramount relevance if associated with equity cashflows.

Keywords: Utility theorem, premium, discount rate, risk, cost of equity, cost of debt.

1. Pendahuluan

Keterbatasan fiskal Pemerintah untuk mendanai proyek-proyek infrastruktur, terutama yang bersifat *greenfied*, merupakan peluang yang berharga bagi calon investor untuk ekspansi dan diversifikasi usaha. Beberapa proyek yang gencar ditawarkan Pemerintah termasuk proyek di sektor jalan tol, pelabuhan laut, bandar udara, dan air minum dengan beberapa skema kemitraan; yang paling populer adalah kontrak bangun-operasi-transfer (*build-operate-transfer* atau disingkat BOT).

Sesuai dengan sifatnya yang komersial, investor baik individual maupun institusional menginginkan adanya imbal balik yang memadai dari setiap Rupiah modal yang telah dikeluarkan. Keputusan finansial berinvestasi harus dilandaskan pada analisis kelayakan finansial yang cukup mendalam. Hal ini sangat relevan bila dikaitkan dengan profil risiko investasi infrastruktur yang sangat spesifik, yang berbeda dengan industri lainnya. Pemerintah pun biasanya menyertakan hasil kajian analisis kelayakan sebelum menawarkan suatu proyek kepada pihak swasta.

Salah satu karakteristik proyek infrastruktur adalah kebutuhan dana yang besar yang harus disediakan di awal. Pada umumnya pendanaan proyek infrastruktur berasal dari dua sumber yaitu sponsor proyek sebagai investor ekuitas dan kreditor sebagai investor utang atau penyalur dana pinjaman. Ada tiga pihak yang berkepentingan dengan struktur modal proyek. Bagi pemerintah, struktur modal penting guna menjamin kelangsungan pendanaan sebagaimana dibutuhkan sehingga proyek dapat dilaksanakan dan dimanfaatkan. Bagi sponsor proyek dan kreditor, struktur modal yang dipilih terkait erat dengan risiko yang dihadapi keduanya.

Tulisan ini menyajikan hasil studi teoretik hubungan antara risiko, premium risiko dan *cost of capital* dalam struktur modal. Isu tentang struktur modal bukanlah hal yang baru, meski harus diakui studi yang relevan masih sangat terbatas (Kim, 1978; Dias and Ioannou, 1995; Wibowo, 2008). Namun studi ini menggunakan pendekatan yang sama sekali berbeda yaitu teorema utilitas. Teorema utilitas ini kerap menjadi salah satu topik bahasan dalam setiap buku teks tentang analisis risiko (Thomas and Hertz, 1983; Flanagan and Norman, 1993; Byrne, 1996) sehingga diasumsikan pembaca lebih familiar dengan konsep ini ketimbang teori-teori finansial lainnya seperti *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) (Brealey and Myers, 2000) yang digunakan dalam studi-studi terdahulu yang telah disebutkan.

Bila teorema utilitas membutuhkan informasi tentang perilaku investor terhadap risiko, CAPM membutuhkan data tentang korelasi antara proyek dengan pasar. Ada dua pendekatan yang bisa digunakan untuk menurunkan fungsi utilitas yaitu metoda *certainty equivalent* dan *probability equivalent* (Clemen, 1991). Satu kelemahan CAPM adalah model ini hanya mempertimbangkan risiko sistematis yaitu risiko yang tidak dapat dieliminasi melalui diversifikasi dan tidak memperhitungkan risiko proyek. Menurut CAPM, meski proyek memiliki risiko tinggi tetapi selama risiko tersebut tidak berkorelasi dengan risiko pasar, tidak ada premium yang disediakan untuk investor untuk menanggung risiko proyek. Hal ini menjadi keberatan bagi sejumlah investor (Pollio, 1999).

2. Definisi dan Pengertian Dasar

2.1 Risiko dan pengembalian

Sebagaimana diketahui, proyek-proyek infrastruktur menghadapkan investor pada sejumlah risiko dan ketidakpastian yang memungkinkan investor tidak dapat menikmati pengembalian (*return*) secara memadai atas modal yang telah ditanamkan. Satu pameo yang berlaku dalam dunia investasi adalah *low risk low return, high risk high return*. Dalam pengertian yang

lebih lugas, investor akan mengharapkan (*expect*) pengembalian (*return*) yang lebih tinggi sebagai kompensasi atas kesediaannya menerima risiko yang lebih tinggi. Tidak ada seorang investor pun yang mau menerima pengembalian rendah sementara ia harus menanggung risiko tinggi. Sebaliknya, tidak ada investor yang menolak proyek investasi yang menawarkan pengembalian tinggi dengan risiko rendah.

2.2 Perilaku terhadap risiko

Teorema utilitas dapat menjelaskan perilaku individu terhadap risiko dengan sangat baik. Secara teoretis, perilaku terhadap risiko dikategorikan menjadi *risk-averse*, *risk-neutral*, dan *risk loving* (atau *risk-taker*). Di sebagian besar hidupnya individu lebih cenderung bersifat sebagai *risk-averse individual*, yang berusaha menghindari risiko bila memungkinkan. Individu yang seluruh hidupnya didedikasikan untuk mengambil risiko (*risk-taker*) biasanya merupakan individu yang ceroboh (Ang and Tang, 1984).

Individu disebut *risk averse* bila memiliki marjinal utilitas yang terus menurun seiring dengan bertambahnya *monetary gain*. Sebaliknya, individu yang *risk taker* memiliki marjinal utilitas yang terus meningkat saat *monetary gain* bertambah. Secara grafis, fungsi utilitas seorang *risk averse* digambarkan sebuah grafik konkaf sementara fungsi utilitas *risk taker* sebagai grafik konveks. Untuk individu yang netral, fungsi utilitas dinyatakan sebagai garis lurus. Asumsi yang biasa digunakan dalam teorema utilitas adalah setiap individu bertindak rasional; dalam arti lebih menyukai 'lebih' ketimbang 'kurang'. Asumsi ini sangat penting dalam menurunkan hubungan antara risiko dan premium risiko. Dalam bahasa matematis, asumsi rasionalitas mengakibatkan fungsi utilitas monoton naik.

Investor biasa diasumsikan sebagai individu yang *risk-averse* meski tingkat *aversiveness* berbeda antara satu investor dengan investor yang lain. Ada kecenderungan individu siap menerima risiko bila bersama-sama dengan individu lain menghadapi risiko yang sama (Williams and Heins, 1989). Sementara itu korporasi diasumsikan lebih berani menanggung risiko dibandingkan individual. Contoh, perusahaan asuransi umumnya digambarkan berperilaku sebagai *risk neutral individual*. Pemerintah juga kerap dianggap individu yang netral terhadap risiko karena kemampuan Pemerintah mendistribusikan risiko kepada banyak pembayar pajak (*taxpayers*).

3. Risiko dan Premium Risiko

Bila x_1 dan x_2 adalah dua *outcomes* dari sebuah proyek bersifat *collectively exhaustive* dengan probabilitas terjadinya masing-masing adalah q dan $1-q$ dengan $0 \leq \theta \leq 1$, maka *expected monetary value* (EMV) X adalah:

$$E(X) = \theta x_1 + (1 - \theta)x_2 \quad (1)$$

Selanjutnya, bila $U(x_1)$ dan $U(x_2)$ masing-masing adalah nilai utilitas untuk x_1 dan x_2 , maka ekspektasi utilitas X dituliskan sebagai:

$$E[U(X)] = \theta U(x_1) + (1 - \theta)U(x_2) \quad (2)$$

Secara matematis $U(X)$ disebut konkaf manakala hubungan berikut ini terjadi (Ossenbruggen, 1984):

$$U[\theta x_1 + (1 - \theta)x_2] \geq \theta U(x_1) + (1 - \theta)U(x_2) \quad \forall x_1, x_2 \quad (3)$$

Bila **Persamaan (1)** dan **(2)** disubstitusikan ke **Persamaan (3)** diperoleh hubungan berikut:

$$U[E(X)] \geq E[U(X)] \quad (4)$$

Persamaan (4) merupakan *Jensen's inequality* yang sangat populer. *Certainty equivalent (CE)* didefinisikan sebagai suatu nilai pasti (*certain*) saat individu berada dalam posisi *indifferent* antara memilih nilai tersebut atau mengambil risiko dengan *outcome* tertentu. Dalam teorema utilitas, nilai utilitas *CE* adalah ekspektasi utilitas dari *outcomes* yang mungkin atau dalam kasus ini:

$$U(CE) = E[U(X)] \quad (5)$$

Bila premium risiko, p , didefinisikan sebagai:

$$p = E(X) - CE \quad (6)$$

maka bila **Persamaan (5)** dan **(6)** disubstitusikan ke **Persamaan (4)**:

$$U[E(X)] \geq U[E(X) - p] \quad (7)$$

dengan asumsi bahwa setiap individu berperilaku rasional, **Persamaan (7)** menghasilkan $p > 0$ untuk *risk averse individual*. Artinya, individu yang *risk averse* bersedia membayar sejumlah p untuk dapat menghindari risiko atau menuntun premium p untuk bersedia menanggung risiko. Hal sebaliknya terjadi bila individu yang bersangkutan adalah seorang *risk taker*. Untuk *risk neutral individual*, p sama dengan nol.

Problem selanjutnya yang harus diselesaikan adalah membuat p sebagai fungsi eksplisit. Mengikuti aproksimasi Arrow-Pratt (Eeckhoudt and Gollier, 1995) premium dapat dihitung sebagai berikut (pembuktiannya dapat dilihat pada Appendix):

$$p \approx \frac{\sigma_x^2}{2} R(X) \quad (8)$$

dengan

$$R(X) = - \frac{U''[E(X)]}{U'[E(X)]} \quad (9)$$

$R(X)$ merupakan parameter yang menyatakan derajat *aversiveness* individu. Semakin tinggi derajat *aversiveness* individu, semakin kecil toleransi yang bersangkutan terhadap risiko. **Persamaan (8)** memberikan informasi yang sangat bermanfaat yang konsisten dengan intuisi yaitu besarnya premium risiko berasosiasi dengan besarnya risiko dan derajat *aversiveness*. Semakin besar ketidakpastian, *ceteris paribus*, semakin besar pula premium risiko. Demikian pula halnya, semakin tinggi tingkat *aversiveness* investor, semakin tinggi premium yang diminta. Bila nilai p telah diketahui, nilai *CE* dapat ditentukan.

4. Pemodelan *Cashflow* berbasis *Project Finance*

Pada umumnya proyek-proyek infrastruktur yang melibatkan sektor swasta didanai dengan utang berbasis *project finance* atau *non-recourse*. Menurut konsep *project finance*, kreditor mengandalkan sepenuhnya pembayaran atas utang dari cashflow dan aset proyek semata dan tidak dapat *recourse* ke perusahaan induk (*parent company*) dari debitor. Sebagai pemain sentral dalam skema ini adalah sponsor proyek yang merupakan entitas legal independen yang secara khusus didirikan untuk menyelenggarakan proyek (*specific purpose vehicle* atau SPV). Literatur yang sangat lengkap tentang aplikasi *project finance* dalam praktik dapat ditemukan pada Ahmed and Xianghai (1999).

Karena kreditor tidak bisa meminta perusahaan induk SPV membayar utang pada kasus gagal bayar, kreditor dituntut sama berhati-hatinya dengan sponsor proyek untuk mengkaji kelayakan proyek. Dalam konteks ini, kreditor dan sponsor proyek sebenarnya berbagi risiko satu dengan yang lainnya. Sebagai simplifikasi, untuk pemodelan cashflow penulis mengasumsikan *single-period cashflow*; artinya ketidakpastian *cashflow* teresolusi pada akhir periode pertama. Asumsi ini tidak menghilangkan esensi tujuan penulisan ini. Dalam tulisan ini, untuk memudahkan identifikasi, variabel-variabel yang bersifat acak (*random*) ditulis dalam huruf kapital dan untuk yang lainnya dengan huruf kecil, kecuali dinyatakan lain.

Dalam situasi gagal bayar (*default*), aset proyek diambil alih oleh kredit dan, karena asumsi *single-period model*, proyek langsung dilikuidasi yang hasilnya dibayarkan ke kreditor. Namun ada biaya yang tetap harus dibayarkan kreditor untuk keperluan likuidasi yang disebut biaya kebangkrutan (*bankruptcy cost*). Biaya ini meliputi biaya langsung seperti biaya legal dan administratif dan biaya tidak langsung seperti biaya pengadilan, kehilangan produktivitas, dst. Namun sayangnya studi tentang biaya kebangkrutan masih sangat jarang dilakukan di Indonesia.

Di beberapa literatur disebutkan, misalnya, biaya kebangkrutan pada industri transportasi kereta api mencapai 1 sampai 5% dari nilai perusahaan dan studi lain menyebutkan besaran 3,1% (Robinson, 2005).

4.1 Cashflow dari perspektif kreditor

Dengan adanya biaya kebangkrutan, pembayaran utang realisasi, D , dapat ditulis sebagai berikut:

$$D = \begin{cases} d & \text{bila } Y \geq d \\ Y - B & \text{bila } Y < d \end{cases} \quad (10)$$

dengan $Y = \text{net cashflow}$ proyek akhir periode pertama, $d = \text{promised debt payoff}$ atau kewajiban utang yang harus dibayar pada periode yang sama. Utang akan terbayar penuh jika dan hanya jika Y sama atau lebih besar dari d ; lain daripada itu, proyek dianggap mengalami gagal bayar dan dinyatakan bangkrut. **Persamaan (10)** menjelaskan bahwa realisasi pembayaran utang bersifat tidak pasti karena tergantung pada kinerja proyek yang direfleksikan dengan Y . Untuk menyederhanakan permasalahan perhitungan tanpa kehilangan esensinya, penulis mengasumsikan biaya kebangkrutan sebagai fungsi linear dari aset proyek Y atau

$$B = b_v Y \quad (11)$$

Bila Y terdistribusi menurut fungsi tertentu $f(Y)$, ekspektasi pembayaran utang (*expected debt payoff*), $E(D)$, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E(D) = d \int_d^{\infty} f_Y(Y) dY + (1 - b) \int_{-\infty}^d Y f_Y(Y) dY \quad (12)$$

dengan $f_Y(Y) = \text{fungsi kerapatan probabilitas untuk } Y$. Langkah selanjutnya adalah menghitung varian *debt payoff*, σ_D^2 . Hubungan berikut ini dapat digunakan untuk memfasilitasi perhitungan:

$$\sigma_D^2 = E(D^2) - [E(D)]^2 \quad (13)$$

dengan:

$$E(D^2) = d^2 \int_d^{\infty} f_Y(Y) dY + (1 - b)^2 \int_{-\infty}^d Y^2 f_Y(Y) dY \quad (14)$$

dengan $E(D^2)$ adalah rata-rata varian pembayaran utang. Bila V_D adalah nilai pasar (*market value*) utang yang merupakan nilai sekarang (*present value*) utang, maka:

$$V_D = \frac{CE_D}{1 + r_f} \equiv \frac{E(D) - p_D}{1 + r_f} \quad (15)$$

dengan $r_f = \text{risk-free interest rate}$. Karena numerator **Persamaan (15)**, CE_D , adalah ekuivalen dengan *cashflow* tanpa risiko (*equivalent risk-free cashflow*), maka tingkat diskonto yang digunakan untuk menghitung *present value* (nilai sekarang) utang adalah tingkat suku bunga tanpa risiko (*risk-free interest rate*). Tanpa risiko di sini dimaksudkan probabilitas tidak dibayarkannya utang relatif kecil sehingga bisa diabaikan. Dalam praktik, suku bunga surat utang yang dikeluarkan negara kerap dianggap *risk-free interest rate* dengan asumsi kemungkinan sebuah negara mengalami kebangkrutan bisa dianggap sangat rendah (kecuali untuk beberapa negara tertentu, misalnya Meksiko dan Argentina di dekade 1990an). Besarnya premium utang, p_d diaproksimasi menggunakan **Persamaan (8)** atau

$$p_d = \frac{\sigma_D^2}{2} R_D(D) \quad (16)$$

dengan $R_D = \text{derajat risk aversiveness}$ dari kreditor sebagai fungsi dari D . Per definisi, *debt expected rate of return* $E(r_d)$ adalah:

$$E(r_d) = \frac{E(D)}{V_D} - 1 \quad (17)$$

Expected rate of return ini merefleksikan tingkat pengembalian yang diharapkan oleh investor (utang atau ekuitas, tergantung tipe modalnya) atas komitmennya menanamkan modalnya pada sebuah investasi dengan tingkat risiko tertentu. Dengan sendirinya, tingkat pengembalian ini setidaknya harus sama dengan yang akan diperoleh bila menanamkan modalnya ke proyek lain yang mempunyai tingkat risiko yang relatif sama. Oleh karenanya *expected rate of return* sering diekuivalenkan dengan *opportunity cost of capital*. Bila *cashflow* yang ditinjau adalah *cashflow* utang, maka *opportunity cost of capital* yang dimaksud adalah *opportunity cost of debt capital* atau sering hanya disingkat *cost of debt*.

Debt expected rate of return perlu dibedakan dengan *debt promised rate of return* yang tidak lain adalah tingkat bunga utang yang dikenal umum yang dihitung sebagai rasio antara utang harus yang dibayar (pokok dan bunga) dengan nilai sekarang dari utang minus satu:

$$i = \frac{d}{V_D} - 1 \quad (18)$$

dengan i sebagai *debt promised rate of return*. Berdasarkan **Persamaan (17)** dan **(18)**, bila D adalah tanpa risiko, atau dengan bahasa yang lebih sederhana utang pasti terbayar, $E(D) = d$ dan dengan sendirinya $E(r_d) = i$. Selama ada kemungkinan gagal bayar, $E(r_d) < i$.

4.2 Cashflow dari perspektif sponsor proyek

Selanjutnya *cashflow* dari sudut pandang sponsor proyek dapat dihitung sebagai berikut:

$$S = Y - T(Y - A - iV_D) - d \tag{19}$$

dengan S =equity payoff, T =tingkat pajak, A =biaya investasi awal. Karena asumsi *single period cashflow*, nilai depresiasi dianggap sama dengan biaya investasi awal, A . Menggunakan manipulasi perhitungan yang sederhana, **Persamaan (19)** dapat dituliskan kembali sebagai:

$$S = (1 - T)(Y - d) + T(A - V_D) \tag{20}$$

Sponsor proyek akan menerima pembayaran ini jika dan hanya jika $Y > d$; bila tidak, ia tidak menerima satu rupiah pun. Ketidakpastian *cashflow* dari sisi ekuitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \begin{cases} (1 - T)(Y - d) + T(A - V_D) & \text{bila } Y > d \\ 0 & \text{bila } Y < d \end{cases} \tag{21}$$

Sama halnya dengan sebelumnya, ekspektasi pembayaran ekuitas, $E(S)$, dapat dihitung sebagai:

$$E(S) = (1 - T) \int_d^\infty Y f(Y) dY + [T(A - V_D) - (1 - T)d] \int_d^\infty f(Y) dY \tag{22}$$

dan

$$E(S^2) = (1 - T)^2 \int_d^\infty Y^2 f(Y) dY + 2(1 - T)[T(A - V_D) - (1 - T)d] \int_d^\infty Y f(Y) dY + [T(A - V_D) - (1 - T)d]^2 \int_d^\infty f(Y) dY \tag{23}$$

Serta,

$$\sigma_s^2 = E(S^2) - [E(S)]^2 \tag{24}$$

dengan σ_s^2 = varian pembayaran ekuitas, $E(S^2)$ =rata-rata varian pembayaran ekuitas. Bila σ_s dan *risk aversiveness* dari investor, R_s , diketahui maka premium dari investor, ρ_s , dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$p_s = \frac{\sigma_s^2}{2} R_s(S) \tag{25}$$

Sementara itu *cost of equity*, $E(r_s)$, dapat dengan mudah dihitung sebagai

$$E(r_s) = \frac{E(S)}{V_s} - 1 \tag{26}$$

dengan

$$V_s = \frac{E(S) - p_s}{1 + r_f} \tag{27}$$

dengan V_s = nilai pasar ekuitas.

4.3 Net cashflow sebagai distribusi normal

Persamaan (12) atau **(22)** berhubungan dengan masalah yang disebut sebagai *partial moment* orde pertama. Bila nilai purata (*mean*) adalah momen orde pertama dengan daerah integrasi $-\infty < Y < +\infty$, maka kedua persamaan tersebut mempunyai daerah integrasi yang terpancung (*truncated*) yang dalam hal ini adalah $-\infty < Y < d$ (**Persamaan 12**) atau $d < Y < +\infty$ (**Persamaan 22**). Sementara itu **Persamaan (14)** dan **(23)** menghadapi permasalahan dengan momen parsial orde kedua. Bila Y diasumsikan terdistribusi normal, sebuah distribusi yang paling populer dalam area manajemen dan rekayasa konstruksi, momen parsial diselesaikan menggunakan formula Winkler et al. (1972):

$$E_{-\infty}^\delta(Y^n) = -\sigma_Y^2 \delta^{n-1} f_Y(\delta) - (n - 1) \sigma_Y^2 E_{-\infty}^\delta(Y^{n-2}) + E(Y) E_{-\infty}^\delta(Y^{n-1}) \tag{28}$$

dengan $E(\cdot)$ = operator *partial moment*, n =orde. Menggunakan **Persamaan (28)** dapat dihitung:

$$E(D) = d[1 - F_Y(d)] + (1 - b)[E(Y)F_Y(d) - \sigma_Y^2 f_Y(d)] \tag{29}$$

dengan $F_Y(d)$ =fungsi probabilitas kumulatif normal saat $Y=d$, $f_Y(d)$ =fungsi kerapatan probabilitas normal saat $Y=d$. Dapat dibuktikan pula bahwa:

$$E(D^2) = d^2 [1 - F_Y(d)] + (1 - b)^2 \{[\sigma_Y^2 + E^2(Y)] - \sigma_Y^2 [df_Y(d) + E(Y)F_Y(d)]\} \tag{30}$$

Dengan pendekatan yang sama diperoleh:

$$E(S) = (1 - T)\{E(Y)[1 - F_Y(d)] + \sigma_Y^2 f_Y(d)\} + \gamma[1 - F_Y(d)] \tag{31}$$

dan

$$E(S^2) = (1 - T)^2 \{[\sigma_Y^2 + E^2(Y)][1 - F_Y(d)] + \sigma_Y^2 [df_Y(d) + E(Y)f_Y(d)]\} + 2(1 - T)\gamma\{E(X)[1 - F_Y(d) + \sigma_Y^2 f_Y(d)]\} + \gamma^2 [1 - F_Y(d)] \tag{32}$$

dengan

$$\gamma = T(A - V_D) - (1 - T)d \quad (33)$$

Selanjutnya, *net present value (NPV)* sponsor proyek adalah sama dengan nilai pasar ekuitas dikurangi dengan biaya yang dikeluarkan oleh sponsor proyek yaitu sebesar $A - V_D$.

$$NPV = \frac{E(S)}{1 + E(r_s)} - (A - V_D) \quad (34)$$

Sebagaimana telah diketahui, proyek dinyatakan layak secara finansial bila *NPV* proyek yang bersangkutan adalah positif. *Expected return on equity, E(ROE)* merupakan rasio antara ekspektasi pembayaran ekuitas dan jumlah modal yang dikeluarkan oleh sponsor proyek sebagai investor ekuitas dikurangi satu:

$$E(ROE) = \frac{E(S)}{A - V_D} - 1 \quad (35)$$

Dengan single period model, *ROE* ini identik dengan *internal rate of return (IRR)* dari perspektif sponsor proyek. *IRR* biasa digunakan untuk mengevaluasi tingkat kelayakan sebuah proyek investasi: diterima bila *IRR* sama atau lebih tinggi dari *minimum attractive rate of return (MARR)* dan ditolak bila sebaliknya. Karena *IRR* ditinjau dari cashflow sponsor proyek, maka *MARR* yang bersesuaian adalah $E(r_s)$, *cost of equity*. Menggunakan piranti lunak *spreadsheet* populer seperti Excel, persoalan stokastik yang ada dapat diselesaikan dengan relatif mudah.

5. Contoh Numerik dan Diskusi

Berikut ini diberikan contoh hipotetik numerik sederhana. Meski sederhana, banyak informasi penting yang dapat diekstraksi dari hasil analisis yang sangat relevan untuk diaplikasikan dalam praktik. Sebuah proyek dengan investasi awal Rp. 100 milyar diperkirakan mampu menghasilkan pendapatan (*revenue*), termasuk likuidasi seluruh aset dengan purata Rp. 125 milyar dan standar deviasi Rp. 25 milyar. Bila proyek mengalami kebangkrutan, biaya kebangkrutan diperkirakan 25% dari nilai aset yang ada. Tingkat pajak dan tingkat suku bunga tanpa risiko (r_f) diasumsikan 30% dan 10%. Untuk keperluan perbandingan sponsor proyek dan kreditor diasumsikan berperilaku sama terhadap risiko dengan fungsi utilitas:

$$U(X) = X^{1/2} \quad (36)$$

Yang menunjukkan perilaku sebagai *risk-averse individual*. Turunan pertama dan kedua dengan mudah dihitung sebagai

$$U'(X) = (1/2)X^{-1/2} \text{ dan } U''(X) = -(1/4)X^{-3/2} \quad (37)$$

Sehingga derajat *risk aversiveness* adalah

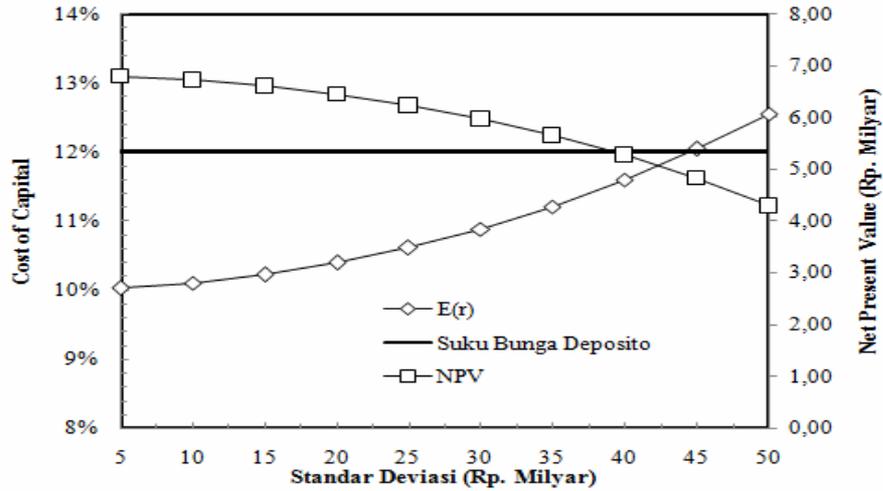
$$R(X) = (1/2)X^{-1} \quad (38)$$

Sebelum melangkah ke dampak keputusan pendanaan, terlebih dahulu didiskusikan tingkat kelayakan proyek *per se* dengan cara meninjau tingkat kelayakan bila proyek didanai sepenuhnya dengan ekuitas (*all-equity financed*). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ekspektasi cashflow untuk sponsor proyek, $E(S)$ adalah 117,5 dengan *cost of equity, E(r_s)* sebagai tingkat diskonto sebesar 10,61% dan ekspektasi *ROE, E(ROE)*, sama dengan 17,50%. Secara finansial proyek ini dinyatakan layak karena *E(ROE)* lebih besar dari $E(r_s)$ atau tingkat pengembalian yang diperoleh lebih besar dari yang diharapkan. Hasil diverifikasi lebih lanjut dengan analisis *NPV* sebagai berikut:

$$NPV = \frac{117,5}{1 + 10,61\%} - 100 = 6,23 > 0$$

Sepanjang pengetahuan penulis, tingkat bunga bank kerap diaplikasikan sebagai *discount rate* dalam banyak studi atau kajian analisis dan aplikasi ini berlaku untuk semua cashflow tanpa melihat risiko cashflow yang bersangkutan. Penggunaan ini menimbulkan permasalahan serius yang dapat mengakibatkan investor mengambil keputusan finansial yang sama sekali tidak tepat. Pada umumnya, jarang ada studi yang memberikan asumsi eksplisit mengapa tingkat suku bunga bank digunakan sebagai tingkat diskonto. Secara implisit, banyak pihak berkeyakinan bila investor akan melakukan investasi, maka *return* yang diperoleh harus minimal sama dengan tingkat bunga deposito. Faktanya, profil risiko antara keduanya sama sekali berbeda sehingga argumentasi bahwa tingkat diskonto sama dengan tingkat suku bunga bank sangat lemah.

Untuk melihat persoalan lebih gamblang, tingkat risiko proyek dibuat bervariasi, antara Rp. 5 milyar sampai Rp. 50 milyar (*base case*=Rp. 25 milyar) dengan interval Rp 5 milyar. Diasumsikan pula tingkat suku bunga deposito yang berlaku sekarang 12%. **Gambar 1** memperlihatkan hasil perhitungan *cost of capital* dan *NPV* sebagai fungsi dari standar deviasi. Sebagaimana diharapkan *cost of capital* meningkat seiring dengan bertambahnya risiko (ekspektasi cashflow tidak berubah). Selama standar deviasi sama atau kurang dari kira-kira Rp. 45 milyar, tingkat suku bunga deposito menjadi terlalu tinggi dari yang seharusnya untuk dijadikan sebagai *discount rate*. Sebaliknya, pada tingkat risiko yang lebih tinggi atau standar deviasi lebih dari Rp. 45 milyar, tingkat suku bunga deposito menjadi terlalu rendah.



Gambar 1. Cost of capital dan NPV sebagai Fungsi Risiko

Tabel 1. Hasil perhitungan numerik contoh kasus

d	$E(d)$	p_d	V_d	$E(r_d)$	$E(S)$	p_s	V_s	$E(r_s)$	NPV	$E(ROE)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0	0,00	0,00	0,00	n/a	117,50	0,65	106,23	10,61	6,23	17,50
10	10,00	0,00	9,09	10,00	107,77	0,71	97,33	10,73	6,42	18,55
20	20,00	0,00	18,18	10,00	98,05	0,78	88,42	10,88	6,60	19,83
30	30,00	0,00	27,27	10,00	88,32	0,87	79,50	11,09	6,77	21,43
40	40,00	0,00	36,36	10,00	78,59	0,98	70,56	11,38	6,91	23,48
50	49,98	0,00	45,43	10,01	68,86	1,12	61,58	11,82	7,01	26,18
60	59,90	0,01	54,45	10,02	59,13	1,31	52,56	12,50	7,01	29,80
70	69,67	0,03	63,30	10,05	49,44	1,58	43,51	13,63	6,82	34,73
80	79,01	0,09	71,75	10,12	39,92	1,94	34,53	15,61	6,28	41,31
90	87,50	0,22	79,34	10,27	30,84	2,38	25,87	19,19	5,22	49,29
100	94,47	0,46	85,47	10,54	22,63	2,86	17,97	25,91	3,44	55,68
110	99,30	0,82	89,52	10,92	15,73	3,30	11,30	39,20	0,82	50,11
120	101,62	1,26	91,24	11,38	10,39	3,63	6,15	69,13	-2,62	18,63
130	101,67	1,64	90,94	11,80	6,51	3,83	2,44	167,41	-6,63	-28,11
140	100,19	1,82	89,42	12,04	3,82	3,92	-0,09	Inf	-10,66	-63,87
150	98,14	1,77	87,61	12,02	2,05	3,90	-1,68	Inf	-14,07	-83,47
160	96,29	1,55	86,13	11,80	0,98	3,78	-2,55	Inf	-16,42	-92,95
170	95,01	1,31	85,18	11,53	0,41	3,60	-2,90	Inf	-17,72	-97,24
180	94,28	1,12	84,69	11,32	0,15	3,38	-2,94	Inf	-18,25	-99,02

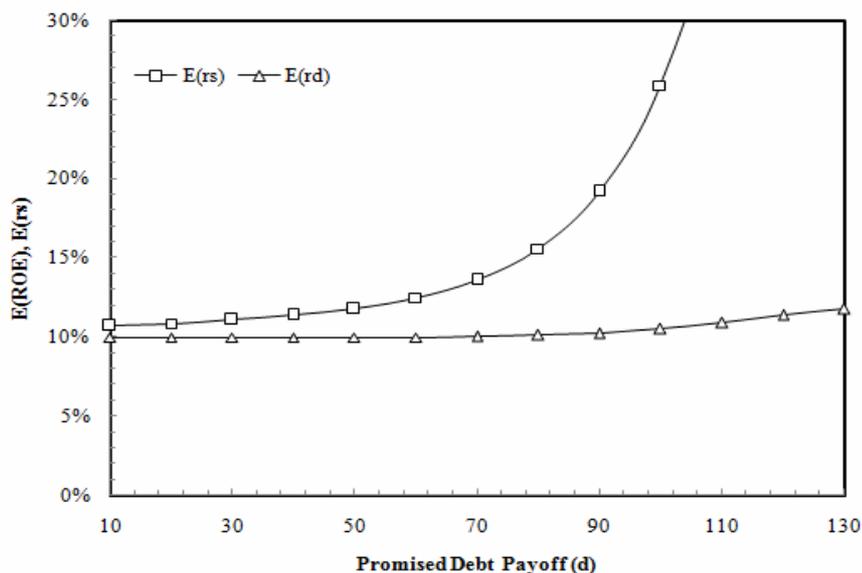
Catatan:

- a. Semua dalam Rp. Milyar kecuali $E(r_d)$, $E(r_s)$, dan $E(ROE)$ dalam persen
- b. N/A = tidak dihitung karena denominator = 0
- c. Inf = tidak layak karena V_s negatif.

5.1 Eksistensi debt capacity

Bila sponsor proyek kemudian memutuskan bahwa proyek akan didanai sebagian oleh ekuitas dan sisanya oleh utang, maka profil risiko yang dihadapi sponsor proyek akan berbeda dengan sebelumnya karena adanya kewajiban pembayaran utang yang harus diprioritaskan. **Tabel 1** memperlihatkan hasil perhitungan numerik contoh kasus dengan d yang bervariasi, mulai dari 0 (*all-equity financed*) sampai Rp. 140 milyar sementara parameter lainnya dianggap sama dengan parameter *base case*.

Bila memiliki nilai $E(d)$ atau ekspektasi cashflow dari perspektif kreditor, ada nilai d tertentu yang membuat $E(d)$ maksimal yang dalam contoh kasus ini terjadi saat $d=130$ dengan $E(d)_{max}=101,67$. Artinya, kreditor di sini perlu membatasi dirinya memberikan kredit kepada sponsor proyek karena tidak selamanya kredit tinggi dibarengi dengan ekspektasi pembayaran yang tinggi pula. Hal ini dapat dijelaskan secara intuitif. Semakin besar kredit yang diberikan, *ceteris paribus*, semakin besar kemungkinan proyek mengalami gagal bayar (*default*) dan bangkrut. Yang di khawatirkan kreditor adalah bila nilai aset yang tersisa setelah



Gambar 2. Cost of capital sebagai fungsi promised debt payoff

likuidasi tidak mampu menutup jumlah dana yang telah disalurkan yang menurunkan nilai ekspektasi servis utang.

Terkait dengan premium risiko dari perspektif kreditor, ada nilai d yang membuat premium maksimum; saat $d=140$, $p_d=1,82$. Sebagaimana dijelaskan dalam **Persamaan (22)**, selain perilaku risiko kreditor, varian sebagai *proxy* ketidakpastian cashflow pembayaran ikut berkontribusi penuh menentukan besarnya premium. Menurunnya nilai premium dapat mengindikasikan berkurangnya risiko yang dihadapi kreditor. Temuan ini mungkin dianggap kontradiktif karena dengan bertambahnya d , risiko proyek mengalami gagal bayar dan bangkrut meningkat sehingga seharusnya premium pun akan meningkat. Namun berkurangnya risiko masih dapat dijelaskan sebagai berikut. Saat kewajiban utang terlalu tinggi, proyek justru hampir dapat dipastikan akan mengalami kebangkrutan. Secara tidak langsung proyek, kreditor adalah investor yang sebenarnya karena kepemilikan aset harus ditransfer ke kreditor saat proyek bangkrut. Namun untungnya paradoks ini sangat tidak mungkin terjadi karena ada nilai pasar utang (V_d) tertentu yang mencegah terjadinya kewajiban utang berlebihan.

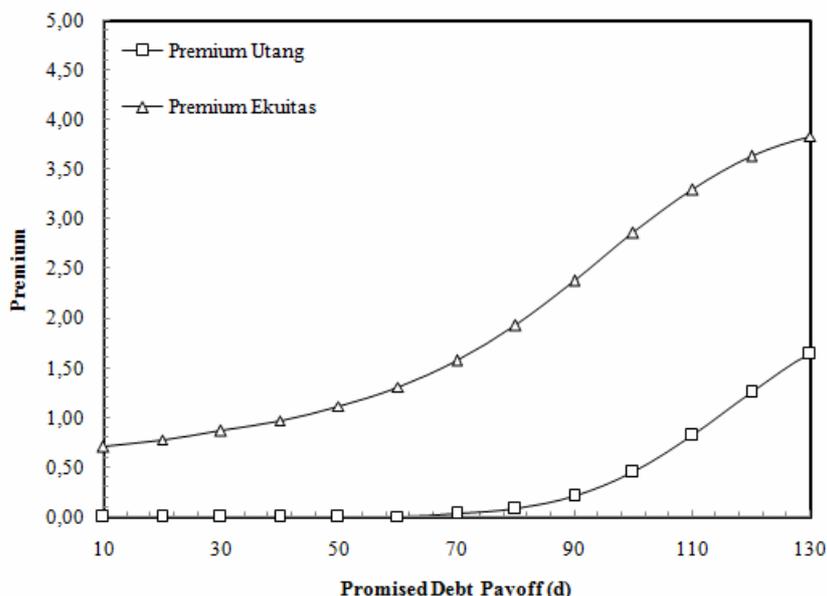
Tabel 1 menunjukkan saat $d=120$ dengan V_d yang terjadi adalah maksimal yaitu 91,24. Artinya, walaupun toh kreditor tidak memberikan batasan pemberian kreditor, sponsor sama sekali tidak direkomendasikan menjanjikan pembayaran utang lebih tinggi dari yang semestinya karena meningkatnya kewajiban utang tidak selalu berasosiasi dengan meningkatnya nilai pasar utang yang dapat digunakan membiayai proyek. Contoh, kewajiban pembayaran utang sebesar Rp. 160 milyar

malahan memberikan nilai pasar yang lebih rendah dari apa yang diberikan untuk kewajiban pembayaran utang sebesar Rp. 120 milyar. Dapat dipastikan bahwa tidak seorang investor pun yang bersedia membayar sesuatu lebih tinggi untuk sesuatu yang lebih rendah. Menggunakan pendekatan CAPM, Dias and Ioannou (1995) juga menemukan adanya kemungkinan V_d maksimum dan menyebutnya sebagai *debt capacity*. Dengan demikian, baik CAPM maupun teorema utilitas sama-sama dapat digunakan untuk menjelaskan eksistensi *debt capacity* dalam *project finance*.

Untuk mendapatkan nilai d yang lebih eksak yang memberikan V_d maksimum, fungsi V_d dapat diturunkan dan diset sama dengan nol. Namun, upaya ini terlalu kompleks secara matematis. Piranti lunak Excel biasanya dilengkapi dengan fitur *solver* yang dapat pula dimanfaatkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi secara lebih mudah dengan hasil yang akurat. Untuk masalah yang lebih sederhana, fitur *goal seek* dalam Excel dapat digunakan. Pada kasus ini, $d=123,1$ yang memberikan $V_{d \max}=91,3$. Alternatif lainnya adalah dengan mencari persamaan regresi polinomial orde tertentu (misal, orde tiga), menurunkannya, dan mencari nilai yang membuat hasil turunan sama dengan nol.

5.2 Cost of debt dan Cost of equity

Gambar 2 memperlihatkan bagaimana *cost of debt* and *cost of equity* berubah seiring dengan bertambahnya d (skala pada aksis dibatasi hanya sampai $d=130$ mengingat $V_{D \max}$ sudah tercapai saat $d=120$). Semakin meningkat d , semakin meningkat *cost of debt* dan *cost of equity*. Hal yang sama diperlihatkan oleh hubungan antara premium risiko dan d (**Gambar 3**).



Gambar 3. Premium risiko sebagai fungsi *promised debt payoff*

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, mengang- gap *discount rate* sama dengan tingkat suku bunga deposito merupakan kekeliruan yang serius, terutama bila digunakan untuk menganalisis kelayakan proyek dari perspektif ekuitas pada proyek yang mengguna- kan utang. Misal, bila sponsor proyek bermaksud mendanai utang dengan *promised payoff* $d=120$, V_D yang bersesuaian adalah 91,24 dan ekspektasi cash- flow ekuitas, $E(S)=10,39$ serta *cost of equity* $E(r_s)=69,13\%$, maka *NPV* ekuitas harus dihitung sebagai:

$$NPV = \frac{10,39}{1 + 69,13\%} - (100 - 91,24) = -2,62$$

Atau dengan kata lain proyek tidak layak secara finansial. Sebaliknya, bila digunakan tingkat suku bunga deposito, misal, 12% sama dengan diskusi sebelumnya, maka

$$NPV = \frac{10,39}{1 + 12,00\%} - (100 - 91,24) = 0,52$$

Yang artinya proyek harus diterima karena menghasilkan *NPV* positif. Di sini studi kelayakan yang menggunakan tingkat suku bunga deposito mengarahkan sponsor proyek pada rekomendasi yang salah. Contoh yang diberikan adalah contoh kasus yang ekstrem di mana keduanya menghasilkan keputusan yang saling berkonflik satu dengan yang lainnya. Untuk kasus-kasus lainnya mungkin saja keputusan finansial yang dihasilkan sama. Misal $d=100$ [pada kondisi ini, $E(S)=22,63, V_D=85,47, E(r_s)=25,91\%$], *NPV* sponsor proyek seharusnya adalah 3,44 sementara bila ekspektasi cashflow didiskon pada 12%, *NPV* sponsor proyek menjadi 5,68. Keduanya menghasilkan *NPV* positif, namun dengan

magnitude yang berbeda. Di sini terjadi „mark-up“ *NPV* sebesar 65% dari yang seharusnya. Perbedaan ini bukannya tanpa akibat. Karena dianggap *NPV* terlalu tinggi, salah satu pihak bisa menawarkan proposal alternatif untuk menurunkan *NPV*. Contoh, pemerintah bisa meminta sponsor proyek menurunkan tarif dengan argumentasi tarif yang direduksi pun tetap memberikan *NPV* tinggi bagi sponsor proyek. Padahal, *NPV* tinggi bukan karena proyek yang bersangkutan terlalu atraktif melainkan karena tingkat diskonto yang diaplikasikan terlalu rendah.

5.3 Rasio utang-ekuitas optimal

Hasil perhitungan sebagaimana ditampilkan dalam **Tabel 1** menunjukkan keputusan pendanaan mempunyai dampak finansial bagi tingkat kelayakan proyek. Sebagaimana terlihat, ekspektasi *ROE* terus meningkat seiring dengan bertambahnya kewajiban pembayaran utang sampai pada level tertentu dan kemudian menurun. Selama ekspektasi *ROE* dan *cost of equity* meningkat, *NPV* masih dapat dipertahankan positif karena ekspektasi *ROE* masih lebih tinggi dari *cost of equity*. Sama halnya, *NPV* proyek pun terus meningkat seiring dengan bertambahnya kewajiban pembayaran utang sampai pada titik yang optimal dan terus menurun. Dibandingkan mendanai proyek seluruhnya dengan modal sendiri, sponsor proyek dapat menikmati *NPV* lebih tinggi bila mendanai proyek sebagian dengan utang sampai batasan tertentu.

Berdasarkan hasil perhitungan sebagaimana disajikan dalam **Tabel 1**, *project debt capacity* terjadi saat $d \cong 120$ (atau tepatnya 123,1 menggunakan fitur *solver*) sementara *ROE* maksimum dan *NPV* maksimum

terjadi saat $d \approx 100$ (atau tepatnya 102,3) dan $d \approx 50$ (atau tepatnya 55,20). Berdasarkan hasil ini, struktur modal dapat direkayasa untuk memberikan manfaat finansial yang lebih besar kepada sponsor proyek. Hal yang menarik lainnya adalah *ROE* yang maksimum tidak selalu berarti *NPV* yang maksimum karena *ROE* yang diperoleh masih tetap harus diperbandingkan dengan *cost of equity* sebagai *MARR* yang juga berubah saat utang meningkat. Hasil-hasil perhitungan ini sekaligus mengkonfirmasi temuan studi sebelumnya bahwa tingkat pinjaman (*borrowing level*) untuk mencapai *project debt capacity* lebih besar dari tingkat pinjaman untuk mencapai ROE_{max} dan NPV_{max} (Dias dan Ioannou 1995) dan tingkat pinjaman untuk mencapai ROE_{max} lebih tinggi dari untuk mencapai NPV_{max} (Wibowo, 2005).

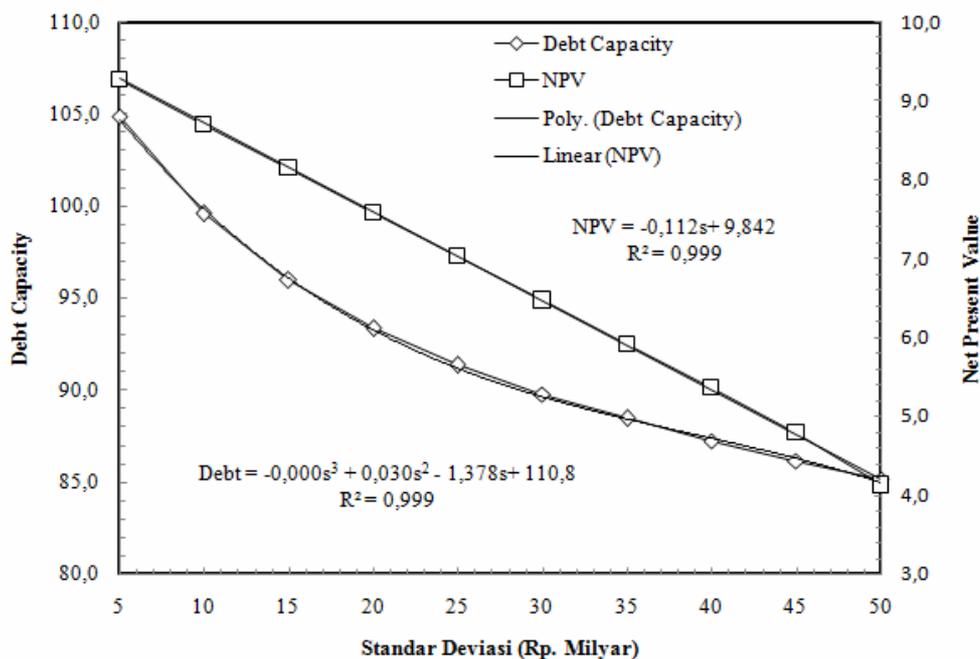
Gambar 4 memberikan informasi lain terkait dengan hubungan antara *project debt capacity* dan NPV_{max} dengan risiko proyek. Angka-angka yang ditampilkan adalah hasil perhitungan menggunakan fitur *solver* pada Excel. Yang menarik adalah kapasitas proyek untuk berutang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya risiko proyek, demikian pula halnya dengan NPV_{max} . Bila pada standar deviasi Rp. 5 milyar, proyek secara teoretis dapat didanai sepenuhnya dengan utang (karena nilai $V_{dmax} > A$), maka pada standar deviasi Rp. 50 milyar, proyek maksimum bisa didanai utang 85% dari kebutuhan dana. Jika *project debt capacity* dapat didekati dengan persamaan polinomial orde tiga dengan koefisien determinasi yang sangat baik ($R^2 = 0,999$), NPV_{max} bahkan dapat direpresentasikan sebagai persamaan linear yang sederhana dengan koefisien determinasi yang sama baiknya.

6. Kesimpulan

Struktur modal menjadi isu yang sangat relevan bila dikaitkan dengan maksud pemerintah untuk menyelenggarakan proyek-proyek infrastruktur publik menggunakan dana swasta. Pada umumnya proyek-proyek ini, terutama yang sifatnya *greenfield*, membutuhkan dana yang sangat besar di awal. Ada tiga pihak yang berkepentingan dengan struktur modal ini yaitu pemerintah selaku pemegang otoritas, sponsor proyek selaku investor yang menanamkan modalnya, dan kreditor selaku penyalur dana pinjaman. Bila bagi pemerintah, struktur modal ini lebih dikaitkan dengan kesinambungan ketersediaan dana yang dibutuhkan untuk pembangunan, bagi sponsor dan kreditor struktur modal mempunyai konsekuensi pada tingkat risiko yang harus dihadapi.

Tulisan ini menjelaskan hubungan yang terjadi antara risiko, premium dan *cost of capital* dari perspektif sponsor proyek dan kreditor dalam struktur modal. Studi tentang struktur modal bukanlah hal yang baru, meski masih terbatas, walau pendekatan yang digunakan dalam tulisan ini berbeda dengan pendekatan yang digunakan dalam studi-studi sebelumnya. Namun kesimpulan yang diperoleh tidak jauh berbeda, bahkan bisa digunakan untuk memverifikasi dan mengkonfirmasi satu dengan yang lainnya.

Studi ini menunjukkan bahwa tingkat diskonto yang merepresentasikan tingkat pengembalian yang diharapkan merupakan fungsi dari risiko dan bagaimana perilaku investor menyikapi risiko yang harus ditanggung. Struktur modal yang berbeda



Gambar 4. Hubungan *debt capacity* dan npv_{max} dengan risiko proyek

menghasilkan profil risiko yang berbeda sehingga premium risiko pun yang diminta pun berbeda bagi sponsor proyek dan kreditor.

Salah satu rekomendasi penting dari studi ini adalah analisis perlu berhati-hati memilih tingkat diskonto yang digunakan dalam analisis finansial berbasis *discounted cashflow* (DCF). Pendekatan menggunakan tingkat suku bunga deposito sebagai tingkat diskonto perlu dicermati karena dapat mengakibatkan keputusan finansial yang menyesatkan. Hal lain adalah adanya eksistensi *project debt capacity* yang menggambarkan nilai (pasar) utang yang maksimum yang mungkin dicapai oleh proyek dengan risiko tertentu. Struktur modal juga dapat direkayasa untuk memaksimalkan manfaat finansial bagi sponsor proyek.

Daftar Pustaka

Ahmed, P. A., and Xianghai, F., 1999, *Project Finance in Developing Countries*, International Finance Corporation, Washington, D.C.

Ang, A. H-S and Tang, W. H., 1984, *Probability Concepts in Engineering, Planning, and Design: Volume II Decision, Risk, and Reliability*, John Wiley & Sons, Toronto.

Brealey, R. A., and Myers, S. C., 2000, *Principles of Corporate Finance*, 6th. Ed., Irwin Mc-Graw-Hill, New York.

Byrne, P., 1996, *Risk, Uncertainty and Decision-Making in Property Development*, 2nd. Ed., E&FN Spon, London.

Clemen, R. T., 1991, *Making Hard Decisions: an Introduction to Decision Analysis*, PWS-Kent Publishing, Boston.

Dias, A., Jr., and Ioannou, P. G., 1995, Debt Capacity and Optimal Capital Structure for Privately Financed Infrastructure Projects”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 121, No.4, 404-414.

Eeckhoutdt, L., and Gollier, C., 1995, *Risk: Evaluation, Management, and Sharing*, Prentice Hall/ Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead.

Flanagan, R. and Norman, G., 1993, *Risk Management and Construction*, Blackwell Science, London.

Hertz, D. B., and Thomas, H., 1983, *Risk Analysis and its Application*, John Wiley & Sons, New York.

Kim, E. H., 1978, A Mean Variance Theory of Optimal Capital Structure and Capital Budgeting

Analysis, *Journal of Finance*, Vol. 33, No. 1, 45-63.

Ossenbruggen, P. J., 1984, *Systems Analysis for Civil Engineers*, John Wiley & Sons, New York.

Pollio, G., 1999, *International Project Analysis and Financing*, 1st Ed., The University of Michigan Press, Ann Arbor.

Robinson, D. T., 2005, *Miller and Modigliani Lecture Note*, Duke University.

Wibowo, A., 2005, Private Participation in Transport: Case of Indonesia’s Build, Operate, Transfer (BOT) Toll Roads, *Mitteilungen Heft 29*, Universitaetsverlag der Technischen Universität Berlin.

Wibowo, A., 2008, Struktur Modal yang Optimal dalam Pembiayaan Proyek Infrastruktur dengan Pendanaan Swasta, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil: Manajemen Konstruksi dan Teknologi Informasi untuk Menunjang Percepatan Pembangunan dan Pemeliharaan Infrastruktur*, Hotel Sunan Surakarta, 22 Maret 2008, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

William, C. A., and Heins, R. M., 1989, *Risk Management and Insurance*, 6th. Ed., McGraw-Hill, New York.

Winkler, R. L. et al., 1972, The Determination of Partial Moments, *Management Science*, Vol. 19, No. 3, 290-296.

Appendiks

$U(X)$ dapat didekati dengan deret Taylor orde dua pada $x=E(X)$

$$U(X) \approx U[E(X)] + [X - E(X)]U'[E(X)] + \frac{[X - E(X)]^2}{2} U''[E(X)] \tag{39}$$

Dengan mengambil nilai ekspektasi pada masing-masing ruas dari **Persamaan (39)** dapat diperoleh:

$$E[U(X)] \approx U[E(X)] + E\left\{\frac{[X - E(X)]^2}{2} U''[E(X)]\right\} \tag{40}$$

Atau

$$E[U(X)] \approx U[E(X)] + \frac{U''[E(X)]E[X - E(X)]^2}{2} \tag{41}$$

Teorema probabilitas dasar menyebutkan bahwa:

$$\sigma_x^2 = E[X - E(X)]^2 \quad (42)$$

dengan σ_x^2 = varian dari X . Dengan demikian **Persamaan (41)** menjadi:

$$E[U(X)] \approx U[E(X)] + \frac{1}{2}U''[E(X)]\sigma_x^2 \quad (43)$$

Selanjutnya, dengan cara yang sama yaitu menggunakan deret Taylor dengan orde pertama pada $x=E(X)$ diperoleh:

$$U[E(X) - p] \approx U[E(X)] - pU'(X) \quad (44)$$

Dengan mengambil kondisi kritis pada **Persamaan (7)**,

$$U[E(X)] + \frac{1}{2}U''[E(X)]\sigma_x^2 \approx U[E(X)] - pU'(X) \quad (45)$$

Persamaan (45) dapat dituliskan ulang menjadi **Persamaan (8)**.