

***Abnormally Low Bid Criterion* pada Pengadaan Jasa Konstruksi Proyek Pemerintah dengan Sistem Evaluasi Harga Terendah**

Andreas Wibowo*

Departemen Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung 40141 Indonesia

E-mail: andreas_wibowo@unpar.ac.id

Christopher Leonaldo Godjali

Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung 40141 Indonesia

E-mail: 6101801086@student.unpar.ac.id

Abstrak

Tulisan ini bertujuan menentukan abnormally low bid criterion (ALBC) untuk mengevaluasi kewajaran harga penawaran pada pengadaan jasa konstruksi proyek fisik pemerintah yang menggunakan metode harga penawaran terendah berdasarkan data empiris sampel dari 2016 sampai 2021. Nilai ALBC dihitung sebagai nilai ekspektasi first-order statistics yang dihasilkan dari simulasi Latin Hypercube dengan asumsi identically independent beta distribution, yang dipilih berdasarkan hasil beberapa uji goodness-of-fit. Analisis korelasi memperlihatkan rasio penawaran berkorelasi dengan jumlah penawar, yang memberikan justifikasi adanya rasio penawaran yang spesifik untuk jumlah penawar tertentu, jika diketahui. Analisis juga memperlihatkan ALBC menurun seiring dengan bertambahnya jumlah penawar dan mendekati nilai minimum secara asimtotis. Tulisan ini juga mengusulkan batas bawah first-order statistics yang diambil dari nilai persentil ke 2,5 sebagai extremely low bid criterion (ELBC). Hasil simulasi menghasilkan nilai ELBC dan ALBC berturut-turut adalah 69% dan 83%. Tulisan ini juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan studi dan ranah penelitian ke depan.

Kata-kata kunci: *Abnormally low bid criterion, extremely low bid criterion, first-order statistics, sistem evaluasi harga terendah, pengadaan pemerintah, Latin Hypercube Simulation.*

Abstract

This paper aims to determine the abnormally low bid criterion (ALBC) for evaluating bid prices in public construction procurement using the low-bid system based on empirical data sampled between 2016 and 2021. The ALBC values were calculated as the expected values of the first-order statistics generated by the Latin Hypercube simulation under an identically independent beta distribution, which was chosen based on the results of several goodness-of-fit tests. According to the correlation analysis, bid ratios are correlated with the number of bidders, which justifies using a specific bid ratio for a given number of bidders, if known. It has been demonstrated that ALBC decreases with the number of bidders and approaches the minimum bid ratio value asymptotically. This paper also proposes the 2.5 percentile lower bound value of the first-order statistics as the criterion for extremely low bids (ELBC). The simulation indicates that the ELBC and ALBC values are 69% and 83%, respectively. This paper also acknowledges the limitations of the study, which can serve as guidelines for continued studies.

Keywords: *Abnormally low bid criterion, extremely low bid criterion, first-order statistics, lowest bidding system, public procurement, Latin Hypercube Simulation.*

1. Pendahuluan

Pemilihan kontraktor sebagai penyedia jasa konstruksi yang tepat oleh klien sebagai pengguna jasa menjadi salah satu kunci keberhasilan suatu proyek konstruksi. Klien dapat memilih metode pengadaan yang tepat untuk memastikan kontraktor terpilih adalah kontraktor yang mampu menawarkan *value for money* terbaik. Metode evaluasi harga terendah merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan (Hiyassat 2001; Skitmore and Lo 2001). Penerapan metode harga terendah yang luas disebabkan fiturnya yang sederhana

dan transparan (Ballesteros-Pérez et al. 2015b; Waara and Bröchner 2006).

Metode evaluasi harga terendah menetapkan peserta tender dengan proposal harga terendah dan memenuhi persyaratan teknis sebagai pemenang tender. Metode ini sederhana karena hanya menggunakan harga penawaran sebagai dasar penetapan pemenang. Subjektivitas penilaian relatif tidak terjadi. Jika dilaksanakan secara kompetitif dan transparan, kemungkinan kontraktor memenangkan tender akan meningkat seiring dengan efisiensi dan inovasi yang

*Penulis korespondensi: andreas_wibowo@unpar.ac.id

dapat ditawarkan. Metode ini dianggap paling dekat dengan kompetisi murni (Ioannou and Leu 1993).

Di samping keunggulan yang dimiliki, metode ini juga berpotensi menimbulkan sejumlah isu, salah satunya adalah kewajaran harga (Conti et al. 2012; Conti and Naldi 2008; World Bank 2016). Metode ini memberikan insentif bagi para calon penyedia jasa untuk menawarkan harga serendah mungkin untuk dapat memenangkan tender, terlebih jika kompetisi yang terjadi sangat ketat. Harga penawaran yang rendah sepanjang telah diperhitungkan dengan matang mungkin tidak berpengaruh signifikan terhadap proyek. Jika tidak, harga penawaran yang terlalu rendah dan tidak wajar akan berdampak negatif bagi kinerja proyek.

Dalam beberapa kasus, pemenang tender menyampaikan proposal penawaran dengan harga rendah yang abnormal (*abnormally low bid*; ALB). Kasus-kasus ALB dapat berimplikasi negatif pada kualitas pekerjaan (Conti et al. 2012; Gunduz and Karacan 2009; Woo et al. 2017). Fenomena ALB jamak terjadi dan menarik perhatian bagi banyak peneliti dan akademisi sejak lama. Studi terdahulu telah didedikasikan untuk mengidentifikasi proposal penawaran yang tidak wajar (Ballesteros-Pérez et al. 2013a, 2015a; Conti and Naldi 2008; Crowley and Hancher 1995; Skitmore and Lo 2001; World Bank 2016).

Beberapa studi menawarkan metode evaluasi alternatif untuk tender dengan menggunakan harga penawaran sebagai parameter tender. Metode evaluasi ini termasuk metode rerata (*average bid method*) (Hosny and Elhakeem 2012; Ioannou and Leu 1993), di bawah rerata (*below-average bidding*) (Azman 2016; Ioannou and Awwad 2010), terendah kedua (*second lowest bidding*) (Drew and Skitmore 2006), harga satuan terendah (Wang et al. 2006), atau metode yang lebih kompleks dengan mengombinasikan harga terendah dan bawah rerata berdasarkan jumlah penawar (Henriod and Lantran 1991). Beberapa studi lain mengombinasikan kriteria harga dan non-harga untuk memilih penawaran yang paling ekonomis (Peng et al. 2006; Waara and Bröchner 2006).

Untuk menghindari terjadinya risiko ALB, pengguna jasa perlu menetapkan kriteria untuk menetapkan ketidakwajaran harga penawaran (*abnormally low bid criterion*; ALBC) (Ballesteros-Pérez et al. 2015b). Indonesia yang sering menerapkan metode evaluasi harga terendah juga belum memiliki acuan yang definitif tentang ALBC. Dalam Peraturan Presiden 16/2018 sebagaimana telah diubah oleh Peraturan Presiden 12/2021 hanya disebutkan angka 80% terhadap Harga Perkiraan Sendiri (HPS) sebagai acuan menentukan besaran nilai jaminan pelaksanaan.

Dalam praktik, 80% sering dianggap sebagai ALBC meski tidak ada dasar teori untuk justifikasi. Di Taiwan, angka 80% juga digunakan sebagai referensi kewajaran harga berdasarkan rerata harga penawaran (Wang et al. 2006). Ballesteros-Pérez, Skitmore, Pellicer, et al. (2015) mempresentasikan beragam alternatif yang digunakan dalam praktik untuk menentukan ALBC pada sistem tender menggunakan batasan atau tidak (*uncapped tender*).

Studi-studi yang fokus pada penentuan batas kewajaran harga penawaran untuk proyek-proyek pemerintah masih terbatas di Indonesia. Dari sedikit studi yang ada adalah Abduh dan Wirahadikusumah (2010) dan Wibowo (2019, 2014) yang masing-masing memiliki keterbatasan sebagaimana dijelaskan pada Kajian Literatur. Tulisan ini menawarkan alternatif penentuan ALBC menggunakan pendekatan simulasi Latin Hypercube (SLH).

Tulisan ini distrukturkan sebagai berikut. Berikut adalah Kajian Literatur yang mempresentasikan literatur yang relevan terutama tentang metode-metode evaluasi alternatif dan penentuan ALBC, diikuti dengan Metodologi Penelitian yang menjelaskan tahapan studi yang dilalui untuk menentukan rasio penawaran yang wajar sebagai ALBC. Selanjutnya adalah Hasil dan Pembahasan yang menampilkan hasil perhitungan berikut dengan bahasannya. Tulisan ini ditutup dengan Kesimpulan dan Saran.

2. Kajian Literatur

Ioannou dan Leu (1993) memodelkan secara matematis kemungkinan peserta tender memenangkan tender menggunakan metode rerata. Berdasarkan metode ini, semakin harga penawaran menjauhi nilai rerata, dalam arah positif atau negatif, semakin turun kemungkinan untuk menang. Dengan demikian, proposal penawaran ALB akan memiliki kemungkinan yang sangat kecil untuk memenangkan tender. Meski dapat menghindarkan pengguna jasa dari risiko menerima proposal ALB, metode ini juga memiliki kelemahan. Kriteria yang digunakan untuk menentukan pemenang tender menyebabkan metode tender ini tidak ubahnya seperti lotre yang mana kesuksesan memenangkan tender lebih karena keberuntungan ketimbang keterampilan manajemen, kemampuan teknis, dan inovasi (Crowley and Hancher 1995).

Ioannou dan Awwad (2010) fokus pada metode tender bawah rerata. Metode ini menetapkan peserta tender yang mengajukan harga penawaran terdekat tapi lebih rendah daripada rerata yang memenangkan tender. Dengan Simulasi Monte Carlo, Ioannou dan Awwad kembali memperlihatkan hubungan antara kemungkinan menang dan harga penawaran. Sama halnya dengan metode rerata, metode ini juga tidak memberikan ruang bagi kasus-kasus ALB. Namun, di sisi lain, kontraktor memiliki ketidakpastian tinggi memenangkan tender. Saat jumlah penawar besar, kurva kemungkinan menang mendekati kurva yang dihasilkan dari metode rerata yang cenderung simetris dan saat jumlah penawar sedikit, kurva mendekati kurva harga terendah.

Hosny dan Elhakeem (2012) membangun model untuk menentukan *mark-up* yang optimal bagi kontraktor dengan tender rerata, bawah rerata, dan harga terendah. Azman (2016) menggunakan data empiris hasil tender konstruksi di Malaysia untuk membandingkan persaingan metode tender *below average* dan yang tidak. Dengan pendekatan statistik, Azman menemukan bahwa metode bawah rerata menghasilkan harga penawaran yang relatif identik, berbeda dengan harga penawaran yang bervariasi menggunakan metode harga terendah.

Metode evaluasi *second bid auction* atau dikenal dengan model Vickrey memberikan insentif bagi peserta tender untuk mengajukan penawaran berdasarkan nilai sesungguhnya yang diyakini (*true value*). Pada konteks tender konstruksi, model Vickrey menetapkan proposal harga terendah memenangkan tender namun pada harga terendah kedua. Dengan kriteria ini, risiko *winner's curse* (Ahmed et al. 2016) dapat direduksi. Drew dan Skitmore (2006) melakukan uji eksperimental untuk membandingkan harga yang diperoleh dari metode harga terendah dan Vickrey dan menemukan bahwa klien cenderung membayar lebih tinggi kontraktor dengan tender Vickrey. Selain itu, penggunaan model ini dalam praktik juga menimbulkan persoalan lain yang mana kontraktor pemenang tender harus menyesuaikan kembali harga penawarannya.

Wang et al. (2006) mengusulkan evaluasi dilakukan pada level harga satuan jika harga penawaran secara keseluruhan lebih rendah daripada referensi yang ditetapkan, dalam hal ini 80%. Ada batas atas dan bawah yang ditetapkan untuk masing-masing harga satuan. Berdasarkan kedua batas ini dapat teridentifikasi harga satuan yang bisa diterima, dianggap mencurigakan, atau tidak wajar. Keputusan akhir ditentukan berdasarkan persentase nilai pekerjaan yang dianggap mencurigakan dan tidak wajar terhadap nilai penawaran total. Jika persentase yang diperoleh melebihi suatu referensi, penawaran tersebut ditolak.

Ballesteros-Pérez et al. (2012) menyusun suatu model grafik kurva *iso-curve* berdasarkan pendekatan statistik sebagai instrumen untuk membantu peserta tender meningkatkan kemungkinan mereka dalam suatu tender dengan batas atas (*capped tender*). Ballesteros-Pérez et al. (2013) mendefinisikan ALBC sebagai rerata harga penawaran dikurangi dua kali deviasi standar seluruh harga penawaran; artinya, jika suatu penawaran berada di bawah ALBC ini, penawaran tersebut dapat dikategorikan sebagai ALB. Ballesteros-Pérez, González-Cruz, Cañavate-Grimal, et al. (2013) mengembangkan model untuk mendeteksi ALB dan kolusi pada tender dengan batas atas.

Wibowo (2014) memodelkan rasio kewajaran harga terhadap HPS dengan mengasumsikan rasio mengikuti *probability density function* (PDF) triangular. Parameter yang digunakan untuk membangun fungsi distribusi diestimasi dari data historis rasio penawaran terendah. Wibowo (2019) mengembangkan lebih lanjut modelnya dengan mengasumsikan rasio mengikuti distribusi *two-sided power* (TSP). Keterbatasan kedua studi ini adalah model hanya bisa digunakan saat jumlah penawar diketahui atau setidaknya dapat diasumsikan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Pemodelan matematis

Dalam studi ini rasio penawaran didefinisikan perbandingan antara harga penawaran dengan HPS. Dalam metode evaluasi harga terendah, rasio penawaran terendah dari seluruh rasio penawaran untuk suatu paket ditetapkan sebagai pemenang tender. Dari perspektif klien, informasi yang diketahui adalah HPS sementara

harga penawaran tidak diketahui sampai evaluasi selesai dilakukan. Jika rasio penawaran diasumsikan sebagai variabel acak mengikuti distribusi tertentu, rasio pemenang tender dapat dirumuskan sebagai *first order statistics* (FOS):

$$R_{(1)} = \min(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

Dengan $R_{(1)}$ = rasio penawaran terendah, n = jumlah penawar. Studi ini juga mengasumsikan rasio penawaran bersifat *independent and identically distributed* (i.i.d.) dengan *cumulative distribution function* (CDF) dan PDF masing-masing $F(r)$ dan $f(r)$. Asumsi i.i.d. berimplikasi setiap peserta tender dianggap memiliki kemampuan dan akses informasi yang sama atas paket pekerjaan yang akan ditender dan harga penawaran yang diajukan oleh suatu peserta tidak dipengaruhi harga penawar lain (Wibowo 2019). Berdasarkan asumsi ini, $R_{(1)}$ adalah variabel acak dengan CDF dan PDF masing-masing $F_{(1)}(r)$ dan $f_{(1)}(r)$ (Arnold et al. 2008) sebagai berikut:

$$F_{(1)}(r, n) = 1 - [1 - F(r)]^n$$

$$f_{(1)}(r, n) = nf(r)[1 - F(r)]^{n-1}$$

Dengan $F_{(1)}(r, n)$ = CDF untuk FOS dengan n peserta tender dan $f_{(1)}(r, n)$ = PDF untuk FOS dengan n peserta tender. Sementara itu, jika jumlah penawar merupakan variabel acak, n diasumsikan mengikuti distribusi tertentu dengan CDF dan PDF masing-masing $F(n)$ dan $f(n)$. Sama dengan asumsi dalam Wibowo (2019, 2014), rasio yang wajar didefinisikan sebagai nilai ekspektasi FOS. Dengan menetapkan rasio ini sebagai ALBC, pengguna jasa memiliki acuan untuk menentukan apakah suatu penawaran dapat dianggap wajar.

Selanjutnya didefinisikan rasio *bid spread* sebagai selisih rasio penawaran terendah dengan rasio penawaran terendah kedua:

$$S = R_{(1)} - R_{(2)}$$

dengan S = rasio *bid spread*, $R_{(2)}$ = rasio penawaran terendah kedua. *Bid spread* dapat bermanfaat untuk mengindikasikan adanya kesalahan penawaran dan menentukan besaran jaminan penawaran (Skitmore et al. 2001; Waara and Bröchner 2006).

3.2 Pengumpulan data

Data yang dibutuhkan berasal dari laman <https://lpse.pu.go.id> dari Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah untuk paket-paket tender kelompok jenis pengadaan pekerjaan konstruksi dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) antara tahun 2016 dan 2021. Selama kurun waktu tersebut, ada sekitar 26,000 paket pekerjaan yang ditenderkan. Atribut data yang dikumpulkan meliputi jumlah penawar, harga penawaran peserta, HPS, dan tahun. Hal penting yang patut dicatat adalah hanya data penawar yang memenuhi persyaratan saja yang dimasukkan dalam analisis mengingat tidak seluruh penawar yang memasukkan harga penawaran memenuhi kriteria ini. Kondisi inilah yang membuat jumlah penawar dalam studi pada setiap paketnya relatif

terbatas. Jumlah paket yang dijadikan sampel adalah 400 untuk memenuhi *sample size* minimum untuk tingkat keyakinan 95% dengan tingkat presisi 5% (Verma and Verma 2020). Jumlah sampel per tahunnya diambil secara proporsional sesuai dengan data.

3.3 Analisis data

Metode analisis data yang digunakan meliputi statistik deskriptif untuk mendeskripsikan karakteristik set data yang telah dikumpulkan dari aspek kecenderungan dan dispersi dan statistik inferensial untuk menginvestigasi korelasi yang terjadi antarvariabel yang dalam studi ini adalah korelasi Pearson antara jumlah penawar, rasio penawaran, dan *bid spread*, *analysis of variance* (ANOVA), dan regresi untuk membangun relasi antara jumlah penawar dan rasio penawaran yang wajar. Analisis deskriptif dan inferensial dibantu dengan piranti lunak SPSS V23.

Untuk menghitung ekspektasi FOS dilakukan SLH menggunakan piranti lunak @Risk V8.2.2 (Palisade Corporation 2022) dengan jumlah *trial* 10.000 untuk setiap kali simulasi. Pendekatan numerik simulasi dipilih karena perhitungan secara analitis terlalu kompleks dan tidak ekonomis untuk jenis-jenis PDF tertentu, apalagi jika melibatkan lebih dari satu PDF (*joint probability*), sebagaimana kasus jumlah penawar tidak diketahui.

Data historis digunakan untuk menentukan PDF dan CDF rasio penawaran dan jumlah penawar yang sesuai berdasarkan *goodness-of-fit* (GOF). Beragam uji dapat digunakan untuk kepentingan uji GOF, termasuk uji Kolmogorov-Smirnov (KS), uji chi-square (χ^2), uji Anderson-Darling (AD), uji Average Log-likelihood (AL), Bayesian Information Criterion (BIC), Akaike Information Criterion (AIC). Detail dari setiap uji berada di luar ruang lingkup studi ini dan pembaca disarankan untuk mengacu pada referensi-referensi standar GOF (e.g., (D'Agostino and Stephens 1988; Palisade Corporation 2022)).

Ada batasan-batasan yang dipertimbangkan dalam penentuan PDF. Untuk rasio penawaran, distribusi yang dapat dijadikan kandidat adalah bersifat kontinyu dengan batas atas (*upper limit*) 1,0 karena harga penawaran tidak diperkenankan melebihi HPS (*capped tender*). Dengan demikian, pemilihan PDF mengerucut pada beberapa fungsi yang memiliki *finite support*, e.g., distribusi seragam (*uniform*), beta general, beta Program Evaluation Review Technique (PERT), triangular, Kumaraswamy, dan TSP. Sementara itu,

untuk jumlah penawar, PDF diskrit yang paling tepat. Beberapa PDF yang masuk dalam kriteria ini meliputi Poisson, geometrik, *hyper geometric*, *integer uniform*, binomial, *negative binomial*, dan *free-form distribution*. Piranti lunak @Risk V8.2.2 memiliki fitur otomatis untuk mengestimasi seluruh PDF yang telah disebutkan, kecuali TSP, berdasarkan kriteria-kriteria uji yang telah disebutkan dan parameter-parameternya menggunakan *maximum likelihood estimators* (Palisade Corporation 2022).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis deskriptif

Tabel 1 menyajikan beberapa statistik penting berdasarkan analisis deskriptif atas set data yang diperoleh dari sampel paket tender. Statistik-statistik memperlihatkan variasi data yang tinggi. Sebagai contoh, paket tender yang digunakan dalam analisis memiliki rentang antara Rp1,06 miliar dan Rp968 miliar. Rerata rasio penawaran adalah 87% dengan rerata rasio penawaran minimum sebesar 86%. Jumlah penawar tender bervariasi antara 1 dan 7 dengan rerata 2,21.

Atribut rasio penawaran, i.e., rasio minimum, maksimum, dan rerata memiliki kemencengan negatif yang disebabkan adanya batas atas harga penawaran yaitu HPS dan adanya kecenderungan peserta mengajukan harga penawaran yang mendekati HPS. Kemencengan yang negatif juga dapat mengindikasikan kecenderungan terjadinya ALB. Kecenderungan ini berimplikasi pada *bid spread* yang memperlihatkan kemencengan positif. Jumlah penawar memiliki kemencengan positif karena tidak adanya pembatasan jumlah penawar sepanjang seluruh persyaratan yang ditetapkan telah terpenuhi. Kemencengan yang sama juga didapatkan untuk nilai paket pekerjaan yang jamak ditemukan karena biaya konstruksi cenderung tidak simetris, selalu positif, dan tidak memiliki batas atas (Chang and Ko 2016; Chou et al. 2009; Ye and Tiong 2000).

4.2 Analisis inferensial

Analisis korelasi Pearson menghasilkan rasio penawaran minimum berkorelasi negatif secara signifikan dengan jumlah penawar ($r = -0,409$, $p < 0,005$). Analisis yang sama antara rasio *bid spread* dengan jumlah penawar juga menghasilkan korelasi negatif antara keduanya ($r = -0,186$, $p < 0,005$). Korelasi negatif juga terjadi antara rasio *bid spread* dan rasio penawaran minimum ($r = -0,220$, $p < 0,0005$).

Tabel 1. Analisis deskriptif atribut rasio penawaran berdasarkan paket tender

Atribut	Statistik				
	Minimum	Maksimum	Rerata	Deviasi Standar	Kemencengan
Jumlah penawar	1	7	2,21	1,19	1,30
Rasio penawaran terendah	64%	100%	86%	8%	-0,32
Rasio <i>bid spread</i>	0%	17%	3,4%	3,6%	2,79
Rasio penawaran rerata	64%	100%	87%	8%	-0,38
HPS	1.064 juta	968.325 juta	56.728 juta	114.172 juta	31,68

yang memberikan indikasi adanya rasio-rasio penawaran terendah yang ekstrem. Korelasi Pearson tidak memberikan bukti statistik yang kuat pada level signifikansi 0.05 adanya korelasi antara *bid spread* dan rasio penawaran minimum dengan HPS; artinya, besaran HPS tidak memengaruhi keduanya. Analisis kecenderungan juga dilakukan untuk tahun berbeda meski tetap dengan kehati-hatian dalam interpretasi mengingat jumlah sampel yang terbatas. Hasil ANOVA memperlihatkan rerata antara satu tahun dengan tahun yang lain berbeda secara statistik ($F = 14,227$, $p < 0,0005$). Koefisien korelasi Eta (h) = 0,391 memperlihatkan korelasi yang lemah antara rasio penawaran minimum dan tahun.

4.3 Fungsi probabilitas

Tabel 2 menampilkan peringkat hasil uji *goodness of fit* (GOF) berdasarkan beberapa kriteria untuk rasio penawaran dengan distribusi beta menempati peringkat terbaik dibandingkan PDF lainnya berdasarkan beragam hasil uji GOF, kecuali uji χ^2 yang menempatkan pada peringkat kedua setelah distribusi Kumaraswamy. Sebagaimana telah disinggung sebelumnya, sampel untuk memodelkan PDF rasio penawaran berasal dari seluruh rasio penawaran ($N = 882$).

Tabel 2. Peringkat berdasarkan uji GOF beberapa PDF untuk rasio penawaran

Uji	Distribusi				
	Beta	Kumaraswamy	PERT	Triangular	Uniform
AIC	1	2	3	4	5
BIC	1	3	2	4	5
AL	1	2	3	4	5
χ^2	2	1	3	4	5
KS	1	2	4	3	5
AD	1	2	4	3	5

Distribusi beta yang memiliki empat parameter, *i.e.*, dua parameter untuk lokasi (a, b) dan dua lainnya untuk batas bawah dan atas (a, b) tentunya memiliki fleksibilitas yang lebih baik untuk disesuaikan dengan set data dibandingkan PDF lain dengan jumlah parameter yang lebih sedikit. Dengan demikian, uji statistik GOF yang menempatkan beta sebagai PDF paling sesuai dengan fungsi kerapatan sebagai berikut:

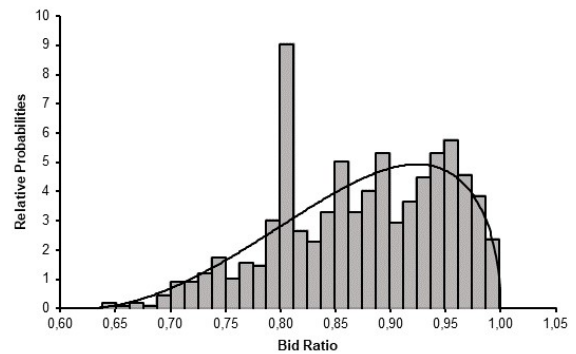
$$f(x) = \frac{(x-a)^{\alpha-1}(b-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)(b-a)^{\alpha+\beta-1}}$$

$$F(x) = \frac{B_z(\alpha, \beta)}{B(\alpha, \beta)}$$

$$z = \frac{x-a}{b-a}$$

Dengan B = beta function; B_z =incomplete beta function; α, β, a, b = parameter fungsi beta. **Gambar 1** memperlihatkan distribusi beta untuk rasio penawaran dengan parameter $a = 2,98$; $b = 1,50$, $a = 0,62$; $b = 1,00$ berdasarkan set data.

Terkait dengan fungsi kerapatan untuk jumlah penawar, beberapa studi terdahulu (Ballesteros-pérez et al. 2016;



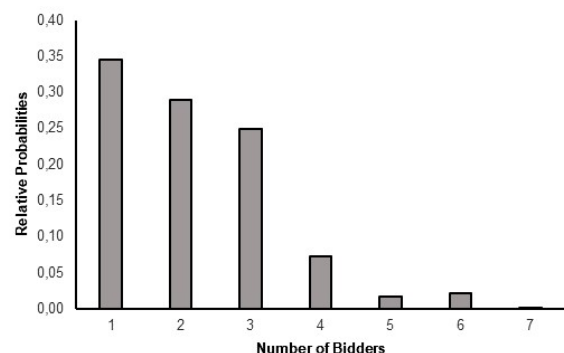
Gambar 1. Distribusi beta untuk rasio penawaran
($a = 2,98$, $b = 1,50$, $a = 0,62$, $b = 1,00$)

Ballesteros-Pérez and Skitmore 2016; Friedman 1956) menggunakan fungsi Poisson. Pada studi ini, fungsi kerapatan dibangun tidak mengacu pada model matematis tertentu, melainkan *free-form distribution* menggunakan data empiris yang ada dengan argumentasi bahwa fungsi diskrit merepresentasikan data secara utuh.

$$f(x) = p_i \text{ for } x = x_i$$

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < x_1 \\ \sum_{i=1}^s p_i & \text{for } x_s \leq x < x_{s+1}, s < n \\ 1 & \text{for } x \geq x_n \end{cases}$$

Dengan $\{x\} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dan $\{p\} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ = parameter fungsi diskrit. **Gambar 2** memperlihatkan PDF jumlah penawar.



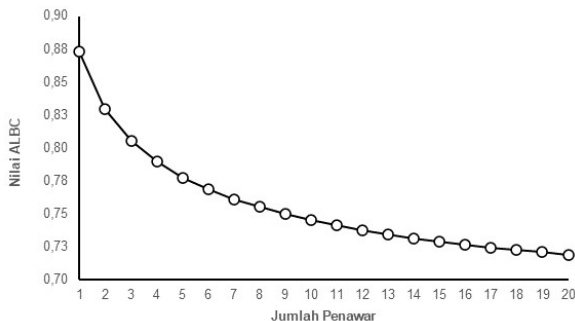
Gambar 2. Distribusi jumlah penawar

4.4 Rasio penawaran yang wajar

Gambar 3 menyajikan grafik yang mengorelasikan rasio penawaran yang wajar dengan jumlah penawar. Sebagaimana terlihat, rasio menurun seiring dengan meningkatnya jumlah penawar; namun, laju penurunan tersebut makin lama berkurang. Secara matematis, kurva menjadi asimtotis mendekati nilai rasio penawaran minimum, *i.e.*, 62% pada n yang sangat besar. Berdasarkan regresi dengan koefisien determinasi R^2 yang tinggi (0,995), persamaan berikut dapat digunakan untuk memperkirakan rasio yang wajar jika n diketahui.

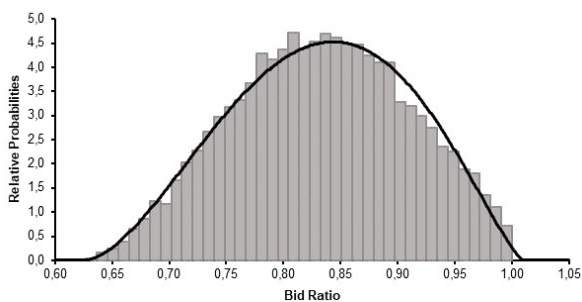
$$r_n^* = 0,865 n^{-0,064} (10)$$

Dengan r_n^* = rasio penawaran yang wajar untuk jumlah penawar n . Persamaan (10) perlu digunakan secara berhati-hati karena berlaku hanya jumlah penawar sampai 20 dan berdasarkan set data yang tersedia pada studi ini.



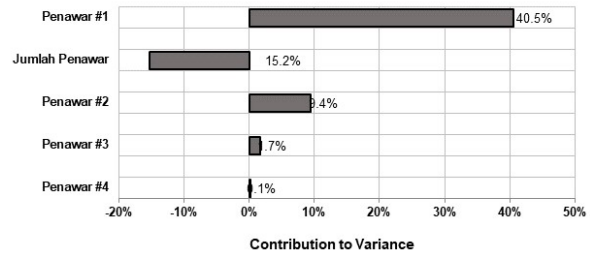
Gambar 3. Rasio penawaran yang wajar untuk jumlah penawar n

Selanjutnya, jika diasumsikan n tidak diketahui mengikuti distribusi diskrit sebagaimana telah disampaikan, SLH menghasilkan distribusi FOS (lihat Gambar 4) yang dapat dimodelkan mengikuti distribusi Beta(a, b, a, b) atau PERT(a, m, b). Berdasarkan uji AIC, BIC, dan AL, distribusi Beta($a=2,81, b=2,39, a=0,62, b=1,01$) adalah distribusi yang terbaik merepresentasikan data dengan PERT($a=0,62, m=0,84, b=1,02$) pada peringkat kedua, sementara berdasarkan uji AD, KS, dan χ^2 , distribusi PERT menempati peringkat teratas diikuti Beta. Pada tingkat keyakinan 95%, batas bawah dan atas berdasarkan SLH adalah 69% dan 97%.



Gambar 4. Distribusi first order statistics dengan jumlah penawar acak

Analisis lebih lanjut dilakukan untuk menginvestigasi sensitivitas FOS terhadap rasio penawaran dan jumlah penawar. **Gambar 5** menampilkan *contribution-to-variance* (CtV) variabel-variabel input terhadap output berdasarkan simulasi, dan sebagaimana tersaji, ketidakpastian rasio penawaran lebih berpengaruh daripada ketidakpastian jumlah penawar. Nilai FOS relatif tidak sensitif terhadap ketidakpastian rasio penawaran oleh penawar keempat dan seterusnya. Temuan ini dapat dikaitkan dengan probabilitas jumlah penawar lebih dari empat (lihat **Gambar 2**) yang semakin kecil.



Gambar 5. Contribution-to-variance terhadap first order statistics

4.5 Pembahasan

Koefisien negatif Pearson yang signifikan secara statistik memberikan justifikasi yang sah bahwa rasio pemenang tender dan jumlah penawar tidak dapat diasumsikan independen. Ada kecenderungan bahwa rasio semakin menurun seiring dengan meningkatnya jumlah penawar. Temuan ini setidaknya mengindikasikan agresivitas sekelompok peserta tender meningkat dengan mengajukan harga penawaran jauh lebih rendah daripada kompetitornya seiring dengan bertambahnya jumlah penawar, sebagaimana juga didukung koefisien korelasi antara *bid spread* dan rasio penawaran terendah. Dengan kata lain, tingkat kompetisi juga semakin meningkat dengan jumlah penawar.

Menurunnya rasio yang wajar dapat dipahami sebagai implikasi meningkatnya kompetisi antarpemawar yang memberikan insentif bagi peserta menurunkan harga penawarannya untuk tetap kompetitif dan sekaligus mengonfirmasi temuan analisis inferensial yang sudah disampaikan. Sebagai implikasi, rasio kewajaran harga penawaran tidak dapat diperlakukan sama untuk jumlah penawar yang berbeda. Rata-rata rasio penawaran minimum dari tahun 2016 sampai 2021 berfluktuasi antara 81% dan 89% dengan rata-rata seluruh tahun 86%. Hasil ANOVA dan analisis korelasi memperlihatkan adanya perbedaan secara statistik rerata rasio penawaran setiap tahunnya namun tidak ada kecenderungan apa pun yang bisa teramati apakah rasio menurun atau meningkat dari tahun ke tahun.

Hasil SLH memberikan rasio penawaran yang wajar untuk jumlah penawar tertentu. Untuk kasus jumlah penawar tidak diketahui, SLH memberikan rasio penawaran sebesar 83% untuk ALBC. Oleh karena itu, rasio penawaran yang diajukan peserta di bawah rasio yang wajar perlu diinvestigasi lanjut untuk memastikan peserta telah mempertimbangkan banyak faktor saat mengajukan penawaran yang tidak mempengaruhi kinerja proyek nantinya.

Jika dinyatakan dalam rentang, rasio yang wajar berada pada interval [69%; 97%] untuk tingkat keyakinan 95%. Batas bawah yang merefleksikan kasus ekstrem dengan kemungkinan terjadi maksimum 2,5% dapat digunakan sebagai *extremely low bid criteria* (ELBC) melengkapi ALBC. Sebagai suatu diskursus, baik ALBC maupun ELBC dapat dipertimbangkan sebagai opsi untuk menyatakan suatu penawaran sebagai wajar, patut diwaspadai (*suspicious*), dan dapat ditolak. Opsi-

opsi ini dimungkinkan dengan catatan HPS yang disusun pun wajar.

Ada beberapa hal yang bisa didiskusikan dengan Wibowo (2019, 2014). Kedua studi ini merumuskan dua persamaan matematis dengan mengasumsikan rasio penawaran mengikuti distribusi triangular dan TSP untuk jumlah penawar tertentu. Karena digunakan asumsi PDF dan parameter yang berbeda, hasil studi ini tidak bisa dibandingkan. Studi ini merelaksasi asumsi yang digunakan pada Wibowo (2019, 2014) yang hanya menggunakan rasio penawaran pemenang pada setiap paket tender dalam set data untuk mengestimasi PDF dan parameternya. Sebagai implikasi, ALBC menjadi lebih rendah pada jumlah penawar yang sama dari hasil yang diperoleh studi ini.

Studi ini memiliki keterbatasan. Pertama, pendekatan numerik hanya menghasilkan simpulan yang sifatnya terbatas yang dalam hal ini adalah rasio kewajaran harga yang hanya berlaku berdasarkan set data. Tingkat kompetisi dapat berbeda dari waktu ke waktu yang mengakibatkan perilaku kontraktor dalam melakukan penawaran juga berbeda. Dengan demikian, rasio yang wajar perlu ditinjau kembali dengan melakukan kalkulasi ulang. Masalah ini tidak ditemukan pada pendekatan analitis yang menghasilkan *closed form*.

Kedua, studi ini tidak memasukkan kinerja kontraktor sementara rasio penawaran dapat berpengaruh pada kinerja proyek. Menurut Wibowo (2009), rasio ini menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap keterlambatan proyek konstruksi. Woo et al. (2017) juga menyatakan bahwa penawaran yang tidak kurang dari 80% menghasilkan kinerja proyek sesuai yang diharapkan di Korea.

Ketiga, kewajaran harga penawaran mengacu pada HPS yang disusun oleh calon pengguna jasa. Studi ini berasumsi bahwa HPS adalah wajar dan dapat dipertanggungjawabkan. Namun, asumsi ini perlu diverifikasi lebih lanjut. Adanya kecenderungan rerata harga penawaran di bawah HPS perlu mendapatkan perhatian khusus dari perspektif penentuan HPS itu sendiri. Isu ini berada di luar lingkup studi ini.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Tulisan ini menyajikan besaran ELBC dan ALBC untuk menentukan kewajaran harga penawaran pada pengadaan jasa konstruksi proyek fisik pemerintah yang menggunakan metode penawaran harga terendah berdasarkan sampel data empiris dari tahun 2015 sampai 2021. Dalam tulisan ini, ELBC dan ALBC didefinisikan sebagai nilai batas bawah dan nilai ekspektasi dari distribusi FOS yang disimulasikan menggunakan metode SLH dengan jumlah penawar diasumsikan acak dan rasio harga penawaran terhadap HPS mengikuti distribusi beta. Analisis statistik memperlihatkan jumlah penawar berpengaruh terhadap rasio penawaran pemenang dan tingkat kompetisi antarpeserta.
2. Berdasarkan hasil simulasi, nilai ALBC menurun seiring dengan meningkatnya jumlah penawar namun

dengan laju yang semakin lama semakin rendah sampai pada titik tertentu mencapai kondisi asimtotis. Persamaan matematis hasil regresi yang menghubungkan jumlah penawar dan rasio penawaran yang wajar dihasilkan dalam studi ini. Nilai ALBC ditentukan sebesar 83% yang berada di atas rasio yang diyakini selama ini, *i.e.*, 80% dan ELBC sebesar 69% yang merupakan nilai persentil ke 2,5.

3. Studi ini memiliki sejumlah keterbatasan yang dapat dijadikan arahan untuk penelitian berikutnya. Pertama, akurasi model dapat ditingkatkan dengan penambahan jumlah sampel yang lebih representatif. Kedua, studi ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan merumuskan *closed form* dengan asumsi rasio penawaran mengikuti distribusi tertentu. Ini akan melengkapi studi yang sudah ada. Ketiga, jika data tersedia, kinerja proyek dapat dimasukkan dalam analisis. Keempat, studi lanjutan dapat difokuskan pada investigasi kewajaran HPS yang dapat dikaitkan dengan kinerja proyek konstruksi.

Daftar Pustaka

- Abduh, M., and Wirahadikusumah, R. D. (2010). "Model penilaian kewajaran harga penawaran kontraktor dengan sistem evaluasi nilai." *Jurnal Teknik Sipil*, 12(3), 185–199.
- Ahmed, M. O., El-adaway, I. H., Coatney, K. T., and Eid, M. S. (2016). "Construction bidding and the winner's curse: Game theory approach." *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2010), 1–9.
- Arnold, B. C., Balakrishnan, N., and Nagaraja, H. N. (2008). *A first course in order statistics*. SIAM, Philadelphia.
- Azman, M. A. (2016). "Bidding competitiveness: A comparative analysis of different bid auctions in Malaysia." *Journal of Engineering, Design and Technology*, 14(4), 678–698.
- Ballesteros-Pérez, P., González-Cruz, C. M., and Cañavate-grimal, A. (2013a). "On competitive bidding: Scoring and position probability graphs." *International Journal of Project Management*, 31(3), 434–448.
- Ballesteros-Pérez, P., González-Cruz, C. M., Cañavate-Grimal, A., and Pellicer, E. (2013b). "Detecting abnormal and collusive bids in capped tendering." *Automation in Construction*, 31 (May), 215–229.
- Ballesteros-Pérez, P., González-Cruz, M. C., and Cañavate-Grimal, A. (2012). "Mathematical relationships between scoring parameters in capped tendering." *International Journal of Project Management*, Elsevier Ltd, 30(7), 850–862.
- Ballesteros-Pérez, P., and Skitmore, M. (2016). "Estimating the number of new and repeated

- bidders in construction auctions.*” *Construction Management and Economics*, 34(12), 919–934.
- Ballesteros-Pérez, P., Skitmore, M., Das, R., and del Campo-Hitschfeld, M. L. (2015a). “*Quick abnormal-bid-detection method for construction contract auctions.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7), 1–11.
- Ballesteros-Pérez, P., Skitmore, M., Pellicer, E., and González-Cruz, M. C. (2015b). “*Scoring rules and abnormally low bids criteria in construction tenders: a taxonomic review.*” *Construction Management and Economics*, Routledge, 33(4), 259–278.
- Ballesteros-pérez, P., Skitmore, M., Pellicer, E., and Gutiérrez-bahamondes, J. H. (2016). “*Improving the estimation of probability of bidder participation in procurement auctions.*” *International Journal of Project Management*, 34(2), 158–172.
- Chang, C.-Y., and Ko, J.-W. (2016). “*New approach to estimating the standard deviations of lognormal cost variables in the Monte Carlo analysis of construction risks.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(1), 06016006.
- Chou, J. S., Yang, I. T., and Chong, W. K. (2009). “*Probabilistic simulation for developing likelihood distribution of engineering project cost.*” *Automation in Construction*, 18(5), 570–577.
- Conti, P. L., De Giovanni, L., and Naldi, M. (2012). “*A rank-and-compare algorithm to detect abnormally low bids in procurement auctions.*” *Electronic Commerce Research and Applications*, 11(2), 192–203.
- Conti, P. L., and Naldi, M. (2008). “*Detection of anomalous bids in procurement auctions.*” *Decision Support Systems*, 46(1), 420–428.
- Crowley, L. G., and Hancher, D. (1995). “*Evaluation of competitive bids.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(2), 238–245.
- D’Agostino, R. B., and Stephens, M. A. (1988). *Goodness-of-fit techniques*. Marcel Dekker, New York.
- Drew, D. S., and Skitmore, M. (2006). “*Testing Vickery’s revenue equivalence theory in construction auctions.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(4), 425–428.
- Friedman, L. (1956). “*A competitive-bidding strategy.*” *Operations Research*, 4(1), 104–112.
- Gunduz, M., and Karacan, V. (2009). “*Damage to treasury: Abnormally low tenders in public construction works.*” *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 1(3), 130–136.
- Henriod, E. E., and Lantran, J.-M. (1991). “*Trends in contracting practices for civil works.*” *Transportation Research Circular*, (386), 49–55.
- Hiyassat, M. A. S. (2001). “*Construction bid price evaluation.*” *Canadian Journal of Civil Engineering*, 28(2), 264–270.
- Hosny, O., and Elhakeem, A. (2012). “*Simulating the winning bid: A generalized approach for optimum markup estimation.*” *Automation in Construction*, 22(March), 357–367.
- Ioannou, P. G., and Awwad, R. E. (2010). “*Below-average bidding method.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 936–946.
- Ioannou, P. G., and Leu, S.-S. (1993). “*Average-bid method: Competitive bidding strategy.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 119(1), 131–147.
- Palisade Corporation. (2022). “*@Risk for risk analysis.*” Palisade Corporation, New York.
- Perng, Y., Juan, Y., and Chien, S. (2006). “*Exploring the bidding situation for economically most advantageous tender projects using a bidding game.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(10), 1037–1042.
- Skitmore, M., Drew, D., and Ngai, S. (2001). “*Bid spread.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(April), 149–153.
- Skitmore, M., and Lo, H. P. (2001). “*A method for identifying high outliers in construction contract auctions.*” *Journal of the Operational Research Society*, 52(7), 800–809.
- Verma, J. P., and Verma, P. (2020). *Determining Sample Size and Power in Research Studies*. Determining Sample Size and Power in Research Studies.
- Waara, F., and Bröchner, J. (2006). “*Price and nonprice criteria for contractor selection.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(8), 797–804.
- Wang, W.-C., Wang, H.-H., Lai, Y.-T., and Li, J. C.-C. (2006). “*Unit-price-based model for evaluating competitive bids.*” *International Journal of Project Management*, 24(2), 156–166.
- Wibowo, A. (2009). “*Causal modeling penyebab keterlambatan proyek konstruksi pemerintah.*” *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil III*,

Universitas Atmajaya Yogyakarta, Yogyakarta,
195–201.

- Wibowo, A. (2014). “*Menentukan kewajaran harga penawaran relatif terhadap harga perkiraan sendiri (HPS).*” Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil VIII, Bandung, 253–260.
- Wibowo, A. (2019). “*Determining reasonable bid ratios under two-sided power distribution assumption for public procurement under capped lowest-cost bidding system.*” *International Journal of Procurement Management*, 12(2).
- Woo, S., Lee, S., Cho, C.-S., and Kim, S. B. (2017). “*Study on the issues of the lowest bidding through the analysis of working budget ratio of Korean construction companies.*” *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(5), 1587–1594.
- World Bank. (2016). *Abnormally low bids and proposals: Guide to the identification and treatment of abnormally bids and proposals*. Washington, D.C., D.C.
- Ye, S., and Tiong, R. L. K. (2000). “*NPV-at-risk method in infrastructure project investment evaluation.*” *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(June), 227–233.

