

Efikasi dan Keamanan *Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy* (ESWL) tipe Piezoelektrik Pada Pasien Batu Ginjal

Exsa Hadibrata¹, Mars Dwi Tjahjo¹, Muhammad Yogie Fadli¹, Angga Hendro Priyono²

¹Dokter Spesialis Bagian Urologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

²Dokter Umum, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Abstrak

Sejak diperkenalkan pada 1980-an, *Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy* (ESWL) telah menjadi standar prosedur rawat jalan non-invasif yang digunakan untuk tata laksana batu ginjal dan batu ureter proksimal. Keberhasilan ESWL diukur dalam hal fragmentasi batu dan *stone free rate*. Sedangkan ESWL dinilai gagal bila terjadi trauma pada parenkim ginjal yang tidak perlu akibat gelombang kejut dan terjadinya komplikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efikasi dan komplikasi dari tindakan ESWL dengan tipe Piezoelektrik sebagai tata laksana pasien batu ginjal non-invasif di RSUD Abdul Moeloek. Penelitian ini merupakan studi prospektif analitik yang dilakukan sejak bulan Maret hingga Agustus 2019. Data mengenai *stone free rate*, jumlah dan intensitas gelombang kejut, *residual fragment*, tindakan tambahan pasca ESWL, dan komplikasi pasca ESWL diperoleh dari catatan medik pasien untuk dilakukan penilaian. Terdapat 100 subjek penelitian yang memenuhi kriteria inklusi. Rerata usia subjek $49,5 \pm 12$ tahun, laki-laki sebanyak 57 orang (57%) dan perempuan sebanyak 43 orang (43%). Sebanyak 77% subjek berhasil mencapai *complete stone clearance* pada prosedur pertama ESWL, sedangkan lainnya memerlukan prosedur tambahan untuk mencapai *complete stone clearance*. Lokasi batu menjadi variabel yang paling signifikan dalam menentukan *complete stone clearance* dengan $p < 0,05$. Hasil terbaik didapatkan pada subjek dengan ukuran batu < 2 cm dengan lokasi batu selain kaliks inferior. Komplikasi yang terjadi pada subjek penelitian antara lain demam (2%), nyeri pinggang (6%), nyeri suprapubik (1%), *steintrase* (1%) sedangkan pada 91% subjek tidak terjadi komplikasi setelah tindakan ESWL. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tindakan ESWL memiliki efikasi yang baik dan komplikasi yang minimal.

Kata Kunci: batu ginjal, efikasi, ESWL, *stone free rate*

The Efficacy and Safety of Piezoelectric Type Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) as Management of Kidney Stone Patients

Abstract

Since 1980s, Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) has become a non-invasive standard procedure used for the management of kidney and proximal ureteral stones. The success of ESWL was measured by stone fragmentation and stone free rate. Meanwhile, ESWL is considered a failure if there is unnecessary trauma to the renal parenchyma due to shock waves and causes complications. This study aims to determine the efficacy and complications of the Piezoelectric type ESWL procedure as a non-invasive management of kidney stone patients at Abdul Moeloek Hospital. This is an analytical prospective study that was conducted from March to August 2019. We collected data regarding the stone free rate, number and intensity of shock waves, residual fragments, additional procedure, and post-ESWL complications from the patient's medical records for assessment. There were 100 subjects who met the inclusion criteria. The mean age of subjects was $49,5 \pm 12$ years, dominated by men (57%) than women (43%). About 77% of subjects achieved complete stone clearance in the first ESWL procedure, while others required additional procedures. Stone location was the most significant variable in determining complete stone clearance with p value $< 0,05$. The best results were obtained in subject with a stone size < 2 cm and a stone location other than the inferior calyx. Complications occurred in 9 patients (9%), there were fever (2%), low back pain (6%), suprapubic pain (1%), and *steinstrasse* (1%). Based on these results, it can be concluded that the ESWL procedure has good efficacy and minimal complication.

Keywords: efficacy, ESWL, kidney stone, stone free rate

Korespondensi: dr. Exsa Hadibrata, Sp.U, Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, alamat: Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, telp: 082183266655, email: exsa.hadibrata@gmail.com

Pendahuluan

Penyakit batu saluran kemih merupakan penyakit urologi dengan jumlah pasien terbanyak di Indonesia. Sebanyak 2439 penderita batu ginjal tercatat sebagai pasien di Rumah Sakit Umum Cipto Mangunkusumo (RSCM) selama kurun waktu 1997 hingga 2002 dengan jumlah tindakan yang dilakukan

sebanyak 3.165 tindakan. Prevalensi penyakit ini lebih banyak terjadi pada kelompok laki-laki dibandingkan perempuan (3:1) dan mencapai puncak pada usia dekade keempat dan kelima.¹

Perkembangan teknologi di bidang kedokteran telah mengubah pendekatan intervensi bedah terutama pada kasus batu ginjal, mulai dari operasi terbuka hingga

menjadi operasi minimal invasif. Berbagai jenis operasi minimal invasif sebagai tata laksana kasus batu ginjal, antara lain Ureterskopi, Bedah Laparoskopi, *Percutaneous Nephrolithotripsy* (PCNL), dan *Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy* (ESWL).²

Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) telah menjadi standar prosedur rawat jalan yang digunakan sebagai tata laksana batu ginjal dan batu ureter proksimal sejak diperkenalkan pada tahun 1980-an.³⁻⁴ Penggunaan ESWL meningkat secara drastis dan diterima diseluruh dunia karena mudah digunakan, bersifat non-invasif, serta memiliki efikasi yang tinggi dalam menangani batu saluran kemih.⁴ ESWL bekerja menggunakan energi tinggi dengan getaran akustik (gelombang kejut) yang bekerja di luar tubuh untuk memecah batu di dalam ginjal dan ureter.⁵⁻⁶ Lebih dari 90% batu pada usia dewasa terutama berukuran <1 cm dan 1-2 cm dapat ditatalaksana dengan ESWL. Tingkat kesuksesan prosedur ESWL sebagai tata laksana batu dengan ukuran <2 cm adalah 80-90%. Akan tetapi, tingkat kesuksesan tersebut juga ditentukan oleh komposisi batu dan tahapan prosedur ESWL yang dilakukan.⁷ Tidak semua batu saluran kemih dapat dilakukan prosedur ESWL. Pasien dengan perdarahan, infeksi saluran kemih yang belum diatasi, kehamilan, obstruksi distal oleh batu, obesitas, aneurisma, penggunaan alat pacu jantung, malformasi skeletal dan kalsifikasi arteri menjadi kontraindikasi dilakukannya prosedur ESWL.⁵

Keberhasilan ESWL dapat diukur dalam hal fragmentasi batu dan *stone free rate*. Sedangkan ESWL dinilai gagal bila terjadi trauma pada parenkim ginjal yang seharusnya tidak terjadi akibat penggunaan gelombang kejut dan terjadinya komplikasi.⁸ Komplikasi yang dapat terjadi antara lain steintstrase 4-7%, pertumbuhan fragmen residu 21-59%, kolik ginjal 2-4%, dan bakteriuria pada pasien batu non-infeksi serta kerusakan jaringan berupa hematoma ginjal, disritmia pembuluh darah, gangguan jantung, perforasi gaster, hematoma hepar dan lien. Akibat dari kegagalan tersebut diperlukannya pengobatan alternatif sehingga biaya medis akan bertambah.⁹⁻¹⁰

Setelah penemuan alat *electrohydraulic Domier HM-3* (ESWL generasi pertama) yang memiliki *high power delivery*, telah dikembangkan ESWL dengan sumber energi

baru dalam menghasilkan gelombang kejut seperti elektromagnetik dan piezoelektrik. Pada mesin ESWL elektromagnetik dan piezoelektrik dihasilkan gelombang kejut dengan energi yang lebih rendah. Penggunaan mesin tipe ini tidak membutuhkan penggunaan anestesi sehingga kenyamanan dan toleransi pasien dapat lebih ditingkatkan. Beberapa penelitian telah dipublikasikan untuk mengetahui pengalaman pemakaian mesin ESWL dengan tipe piezoelektrik.¹¹ Meskipun ESWL piezoelektrik memiliki *stone free rate* yang baik dengan komplikasi minimal namun faktor – faktor yang mempengaruhi *stone free rate* dan terjadinya komplikasi pada pasien batu ginjal yang menjalani prosedur ESWL masih perlu dianalisa kembali.

Prosedur ESWL sudah dapat dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah Abdul Moeloek (RSUD Abdul Moeloek) Provinsi Lampung. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efikasi dan keamanan dari tindakan ESWL dengan tipe Piezoelektrik sebagai tata laksana pasien batu ginjal di Provinsi Lampung. Dengan adanya penelitian ini, dapat dihasilkan data ilmiah yang dapat memberikan informasi mengenai manfaat dan keuntungan prosedur ESWL kepada pasien yang akan menjalani prosedur tersebut.

Metode

Studi ini merupakan studi prospektif analitik untuk mengetahui efikasi, keamanan dan komplikasi pada pasien batu ginjal yang telah dilakukan prosedur ESWL. Jenis studi ini adalah studi observasional dengan rancangan *cross sectional*. Penelitian dilakukan di RSUD Abdul Moeloek pada bulan Maret hingga Agustus 2019. Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan metode *total sampling* dimana seluruh populasi yang memenuhi kriteria inklusi diikutsertakan dalam penelitian ini. Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah seluruh pasien yang didiagnosis dengan batu ginjal dan menjalani prosedur ESWL di RS Abdul Moeloek pada periode Maret hingga Agustus 2019. Sedangkan kriteria eksklusi sampel penelitian ini adalah pasien dengan gangguan koagulasi darah, hamil, obesitas dengan berat badan >120 kg, terdiagnosis batu ureter, adanya obstruksi pada bagian distal batu ginjal, dan batu ginjal multipel. Diperoleh 100 orang subjek yang diikutsertakan dalam

penelitian ini.

Data penelitian merupakan data sekunder dimana data ini diperoleh dari rekam medis subjek yang diikutsertakan dalam penelitian. Data mengenai *stone free rate*, jumlah gelombang kejut, angka residual fragmen, hasil pemeriksaan laboratorium, radiologi, tindakan tambahan pascaprocedur ESWL dan komplikasi pascaprocedur ESWL telah dikumpulkan dari rekam medis subjek penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini adalah *stone free rate* sedangkan variabel bebas pada penelitian ini adalah usia, jenis kelamin, lokasi batu, ukuran batu, jumlah tembakan ESWL, tindakan tambahan pascaprocedur ESWL, dan komplikasi pascaprocedur ESWL.

Subjek yang mengonsumsi obat pengencer darah seperti Aspirin atau Warfarin diminta untuk menghentikan penggunaan obat tersebut sejak 7 hari sebelum dilakukan prosedur ESWL. Dilakukan pemberian Bisacodyl 10 mg oral dengan dosis tunggal dan pasien diminta untuk berpuasa sejak tengah malam sebelum dilakukan prosedur ESWL. Selain itu, pada subjek dengan ukuran batu >2cm dilakukan pemangsang *Double J-stent (DJ stent)*. Tindakan-tindakan tersebut dilakukan sebagai langkah persiapan subjek sebelum menjalani prosedur ESWL. Pada subjek juga diberikan analgesia suppositoria ketoprofen dengan dosis 100 mg sebelum prosedur ESWL dilakukan.

Seluruh subjek dilakukan monitoring tanda vital dan saturasi oksigen. Setelah menjalani prosedur ESWL, subjek dipulangkan dan diberikan Natrium diclofenac 50 mg 3 kali sehari per oral, tamsulosin 0,4 mg sekali sehari dan ciprofloksasin 500 mg 2 kali sehari selama 2 minggu sebagai terapi tambahan. Dilakukan evaluasi ulang batu ginjal dengan Ultrasonografi (USG) ataupun *Blass Nier Overzicht* (BNO) 14 hari pascaprocedur ESWL untuk menilai fragmentasi batu. Tindakan tambahan dilakukan bila tidak terjadi fragmentasi yang adekuat pascaprocedur ESWL. Subjek kemudian di-*follow-up* selama 3 bulan pascaprocedur ESWL untuk menilai luaran.

Dilakukan analisis univariat pada data yang telah didapatkan untuk melihat karakteristik subjek dan dilakukan analisis bivariat dengan derajat kemaknaan 95% ($p < 0,05$) menggunakan uji *chi square*. Selain itu, dilakukan analisis multivariat dengan menggunakan regresi logistik untuk menilai

faktor – faktor yang mempengaruhi *stone free rate* dan kejadian komplikasi pascaprocedur ESWL. Penelitian ini dilaksanakan setelah mendapatkan surat *ethical clearance* penelitian dari Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dan persetujuan dari RSUD Abdul Moeloek.

Hasil

Terdapat 100 subjek yang menjalani prosedur ESWL di RSUD Abdul Moeloek dengan rerata usia $49,5 \pm 12$ tahun. Dilakukan pengelompokan subjek menurut ukuran batu yaitu <1 cm, 1-2 cm dan >2 cm. Pengelompokan subjek ini dilakukan berdasarkan hasil evaluasi radiologis meliputi USG, BNO, dan *CT-scan* abdomen.

Tabel 1. Data deskriptif subjek yang menjalani prosedur ESWL

No	Variabel Penelitian		Jumlah
1	Usia		49,5 ± 12 tahun
2	Jenis	Laki-laki	57 (57%)
	Kelamin	Perempuan	43 (43%)
3	Lokasi Batu	Kaliks superior	29 (29%)
		Kaliks Media	17 (17%)
		Kaliks Inferior	47 (47%)
		Pyelum	7 (7%)
4	Ukuran Batu	< 1 cm	28 (28%)
		1-2 cm	62 (62%)
		>2 cm	10 (10%)
5	<i>Stone free</i>	Ya	77 (77%)
		Tidak	23 (23%)
6	Jumlah tembakan ESWL		3055 ± 223 kali

Sebanyak 57 subjek (57%) berjenis kelamin laki-laki dan 43 subjek (43%) lainnya berjenis kelamin perempuan. Lokasi batu terbanyak pada kaliks inferior sebesar 47% kasus, sedangkan lokasi lain ditemukan pada kaliks superior sebesar 29% kasus, kaliks media sebesar 17% kasus, dan pyelum pada 7% kasus. Berdasarkan ukuran batu, pada 62 subjek (62%) ditemukan batu berukuran 1-2 cm, sedangkan batu berukuran <1cm dan >2cm ditemukan pada 28 subjek (28%) dan 10 subjek (10%).

Rerata jumlah tembakan yang diperlukan pada prosedur ESWL untuk batu ginjal adalah sebanyak 3055 ± 223 kali. Prosedur ESWL

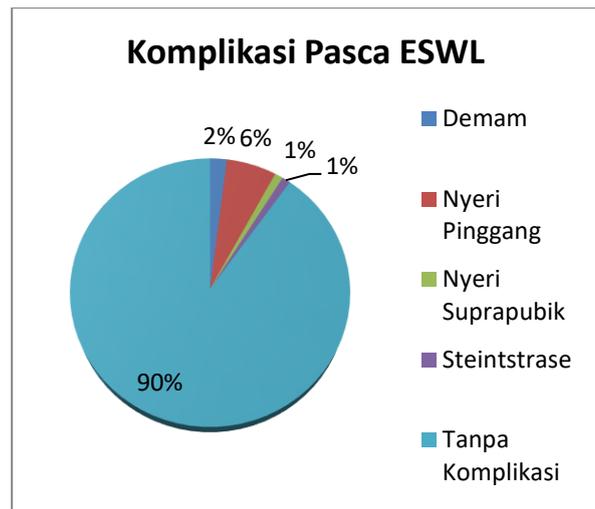
dikatakan berhasil apabila terjadi *stone free* atau adanya insignifikan residu fragmen batu <4mm. Pada penelitian ini, telah dilakukan 1-3 sesi prosedur ESWL dengan hasil *stone free* pada 77 subjek (77%) pascaprocedur pertama ESWL.

Tabel 2. Analisis variabel subjek terhadap *stone free* pascaprocedur ESWL.

No	Variabel Penelitian	Stone free		P
		Ya	Tidak	
1	Usia	49,5 ± 11	49,04 ± 12	0,847
2	Jenis Kelamin	Laki-laki	10	0,136
		Perempuan	13	
3	Lokasi Batu	Kaliks Superior	1	0,000
		Kaliks Media	1	
		Kaliks Inferior	19	
		Pyelum	2	
4	Ukuran Batu	< 1 cm	1	0,051
		1-2 cm	14	
		> 2 cm	8	
5	Jumlah Tembakan ESWL	3038 ± 194	3108 ± 300	0,191

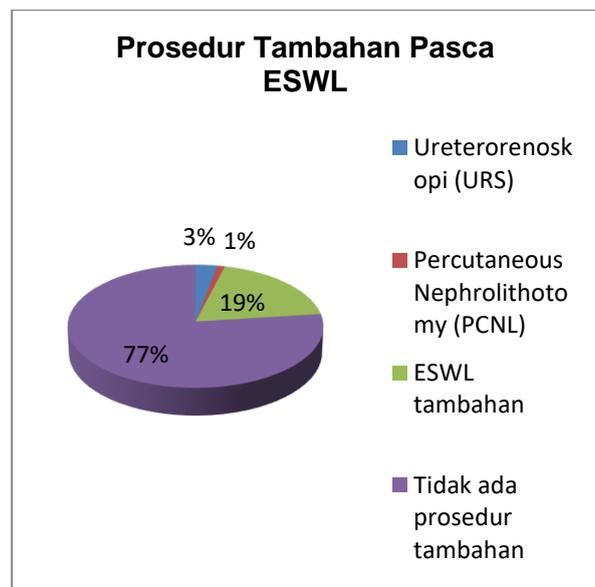
Hasil analisis penelitian dengan uji *chi square* menunjukkan hubungan yang signifikan antara lokasi batu dan *stone free* pascaprocedur ESWL ($p < 0,05$). Sedangkan variabel usia, jenis kelamin, ukuran batu, dan jumlah tembakan tidak berhubungan secara signifikan dengan *stone free* pascaprocedur ESWL.

Prosedur ESWL yang dilakukan pada subjek penelitian memiliki komplikasi minimal. Hal ini ditunjukkan pada gambar 1 bahwa dari seluruh subjek penelitian, hanya 9 subjek (9%) yang mengalami komplikasi. Komplikasi tersebut antara lain, 2 subjek (2%) mengeluhkan demam, 6 subjek (6%) mengeluhkan nyeri pinggang, 1 subjek (1%) mengeluhkan nyeri suprapubik, dan 1 subjek (1%) mengalami steintstrase. Sedangkan sebanyak 90 subjek (90%) tidak mengalami komplikasi.



Gambar 1. Komplikasi Pascaprocedur ESWL

Sebanyak 23 subjek (23%) menjalani prosedur tambahan untuk membersihkan batu ginjal pascaprocedur ESWL.



Gambar 2. Prosedur tambahan yang dilakukan pada subjek pascaprocedur ESWL

Pada gambar 2 tampak bahwa sebanyak 3 subjek (3%) menjalani prosedur ureterorenoskopi, 1 subjek (1%) menjalani prosedur *Percutaneous Nephrolithotomy* (PCNL), dan sebanyak 19 subjek (19%) menjalani prosedur ESWL tambahan.

Pembahasan

Penggunaan ESWL sebagai tata laksana batu ginjal merupakan sebuah revolusi di bidang urologi. Prosedur ESWL tidak hanya mampu mengurangi waktu rawat inap dan morbiditas, tetapi juga *cost* tindakan dengan sangat efektif.

Prosedur ESWL merupakan prosedur yang bersifat non-invasif, dilakukan tanpa tindakan anestesi, dan dapat diberikan dalam *setting* rawat jalan. Meskipun prosedur ESWL dapat menyebabkan komplikasi, namun komplikasi yang dialami subjek merupakan komplikasi minimal. Oleh karena itu, ESWL dapat menjadi pilihan utama dalam tata laksana batu ginjal dan batu ureter proksimal.

Tipe mesin ESWL Piezoelektrik merupakan tipe ESWL generasi terbaru. Hasil penelitian menunjukkan *stone free rate* yang memuaskan sebesar 77%. Selain itu pada penelitian ini menunjukkan lokasi batu paling berpengaruh terhadap *stone free rate*. Batu dengan lokasi kaliks superior, media dan pyelum memiliki *stone free rate* yang tinggi, sebaliknya batu pada kaliks inferior memiliki hasil yang berlawanan. Penelitian lain juga menyebutkan *stone free rate* pascaproedur ESWL batu yang berlokasi pada kaliks inferior lebih rendah bila dibandingkan dengan batu yang terletak pada lokasi lainnya. Dilaporkan *stone free rate* sebesar 25-95% pada batu kaliks inferior.¹⁰

Pada penelitian ini, variabel ukuran batu tidak berpengaruh secara signifikan terhadap *stone free rate* dengan $p > 0,05$. Hal ini dapat disebabkan karena ukuran batu dibagi berdasarkan kategori ukuran bukan berdasarkan ukuran sebenarnya. Pada penelitian lainnya disebutkan bahwa prosedur ESWL memiliki *stone free rate* yang cukup baik pada batu dengan ukuran < 2 cm. Secara umum kesuksesan ESWL dipengaruhi oleh ukuran batu, lokasi batu, komposisi batu, habitus pasien dan *performance* dari prosedur ESWL.^{10,12}

Rerata jumlah tembakan tiap prosedur ESWL pada penelitian ini berkisar 3055 ± 223 kali. Jumlah tembakan ESWL sangat dipengaruhi oleh tipe mesin dan litotriptor yang digunakan. Hingga saat ini belum ada konsensus yang menyebutkan seberapa banyak jumlah maksimum tembakan yang dapat dilakukan saat tindakan ESWL.¹⁰

Tingkat komplikasi pascaproedur ESWL pada penelitian ini adalah 9% dimana semua komplikasi yang terjadi merupakan komplikasi minimal. Komplikasi yang terjadi pada subjek pascaproedur ESWL berupa demam, nyeri pinggang, nyeri suprapubik, dan steinstrase. Komplikasi ini merupakan komplikasi yang dapat dialami karena fragmentasi batu pascaproedur ESWL.¹⁰ Berbeda dengan penelitian lain, telah

dilaporkan kejadian gagal ginjal akut, perforasi usus, trauma ginjal hingga perdarahan masif ekstrapertoneal sebagai komplikasi yang dialami subjek pascaproedur ESWL.^{10,13-14}

Tamsulosin diberikan secara rutin pascaproedur ESWL pada penelitian ini. Pada penelitian Georgiev *et al* didapatkan bahwa pemberian tamsulosin dengan dosis 0,4 mg per hari selama 1 bulan secara oral memiliki efikasi yang sangat baik sebagai terapi tambahan ekspulsi batu pascaproedur ESWL. Tata laksana ajuvan dengan tamsulosin secara signifikan mampu meningkatkan *stone free rate* bila dibandingkan dengan pemerian analgesik saja. Selain itu, pemberian tamsulosin berhubungan dengan waktu yang singkat untuk eliminasi fragmen batu dan rawat inap, serta angka kejadian kolik renal akut yang lebih sedikit.¹⁵

Keterbatasan penelitian ini adalah peneliti tidak melakukan pemeriksaan fragmentasi dan *stone free rate* berdasarkan pada komplikasi batu, tidak dilakukan pemeriksaan penyebab kegagalan tindakan, dan penggunaan evaluasi *imaging* pascaproedur menggunakan foto BNO dan USG yang memiliki kekurangan bila dibandingkan dengan *CT-scan* non-kontras. Hal ini dikarenakan pembiayaan *CT-scan* non-kontras yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan BNO dan USG. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa foto BNO dapat digunakan sebagai metode diagnostik lini pertama untuk pemeriksaan lanjutan pascaproedur ESWL, namun belum ada bukti yang pasti bahwa penggunaan *CT-scan* non-kontras lebih baik dibandingkan dengan foto BNO dan USG meskipun *CT-scan* abdomen non-kontras merupakan pemeriksaan radiologis yang paling sensitif untuk mendeteksi fragmen residu pascaproedur ESWL.¹⁶

Simpulan

Efikasi prosedur ESWL sebagai tata laksana batu ginjal dinilai cukup baik. Hal ini tampak pada hasil *stone free rate* sebesar 77%. *Stone free rate* pascaproedur ESWL sangat dipengaruhi oleh lokasi batu ginjal. Komplikasi yang dialami subjek penelitian pascaproedur ESWL merupakan komplikasi minor dengan angka kejadian sebesar 9%. Prosedur ESWL dapat menjadi pilihan utama dalam tata laksana batu ginjal berukuran < 2 cm dengan lokasi selain kaliks inferior. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan

perbandingan mengenai efikasi dan keamanan antara prosedur ESWL dengan prosedur lain berupa PCNL maupun bedah terbuka.

Daftar Pustaka

1. Rahardjo D, Hamid R. Perkembangan Penatalaksanaan Batu Ginjal di RSCM tahun 1997-2002. *J I Bedah Indones.* 2004;32:58-63.
2. Pearle MS, Lotan Y. *Urinary Lithiasis: Etiology, Epidemiology, and Pathogenesis.* In Wein A, Kavoussi L, Partin A, Peters C. Editor. *Campbell-Walsh Urology.* Philadelphia: Elsevier. 2012; 240-5.
3. Skolarikos A, Alivizatos G, De-La-Rosette J. Extracorporeal shock wave lithotripsy 25 years later: complications and their prevention. *Eur Urol.* 2006;50(5):981-90.
4. Semins MJ, Trock BJ, Matlaga BR. The effect of shock wave rate on the outcome of shock wave lithotripsy: a meta-analysis. *J Urol.* 2008;179(1):194-7.
5. Pahira JJ, Pevzner M. Nephrolithiasis. In Hanno PM, Malkowicz, Wein AJ. Editor. *Penn Clinical Manual of Urology.* Philadelphia: Saunders. 2007;235-57.
6. Neuks JS, Pishchalnikov YA, Zancanaro AJ, VonDerHaar JN, Williams Jr JC, MaAteer JA. Improved acoustic coupling for shock wave lithotripsy. *Urol Res.* 2008;36:61-6.
7. Stoller ML. Urinary Stone Disease. In Tanagho EA, Mc-Aninch JW. Editor. *Smith's General Urology 17th ed.* New York: McGraw Hill. 2008;246-75.
8. Nomikos MS, Sowter SJ, Tolley DA. Outcomes using a fourth-generation lithotripter: a new benchmark for comparison? *BJU Int.* 2007;100:1356-60.
9. Al-Marhoon MS, Shareef O, Al-Habsi IS, Al-Balushi AS, Mathew J, Venkiteswaran KP. Extracorporeal Shock-wave Lithotripsy Success Rate and Complications: Inital Experience at Sultan Qaboos University Hospital. *Oman Med J.* 2013;28(4):255-9.
10. Türk C, Knoll T, Petrik A, Sarica K, Skolarikos A, Straub M, et al. Guidelines on urolithiasis. *Eur Urol.* 2018.
11. Tailly GG. Extracorporeal shock wave lithotripsy today. *Indian J Urol.* 2013; 29(3): 200-7.
12. Srisubat A, Potisat S, Lojanapiwat B, Setthawong V, Laopaiboon M. Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) versus percutaneous nephrolithotomy (PCNL) or retrograde intrarenal surgery (RIRS) for kidney stones. *Cochrane Database of Syst Rev* 2014, Issue 11. Art. No.: CD007044. DOI: 10.1002/14651858.CD007044.pub3
13. Inoue H, Kamphausen T, Bajanowski T, Trübner K. Massive retroperitoneal haemorrhage after extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL). *Int J Legal Med* 2011 Jan;125(1):75-79.
14. Schmitt R, Becker JU, Schwarz A. Akutes Nierenversagen nach extrakorporaler Stoßwellenlithotripsie. *Der Nephrologe.* 2011;6:439-442.
15. Georgiev MI, Ormanov DI, Vassilev VD, Dimitrov PD, Mladenov VD, Popov EP, et al. Efficacy of tamsulosin oral controlled absorption system after extracorporeal shock wave lithotripsy to treat urolithiasis. *Urology.* 2011;78(5):1023-1026.
16. Christian C, Thorsten B. The preferred treatment for upper tract stones is extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) or ureteroscopic: pro ESWL. *Urology;* 74(2):259-62.