

ESTIMASI KETERSEDIAAN HARI KERJA UNTUK PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI

Nurisra¹, Nurul Malahayati², Mahmuddin³, Mubarak⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, email: nurisra@yahoo.com

Abstract: Scheduling is one of the first steps undertaken by project owners and contractors before executing the project. In this planning, one of the factors that greatly affect the project schedule is weather, especially rainfall. High rainfall could potentially lead to disaster and construction projects carried out in an open environment is very sensitive to the influence of the weather. This study aimed to predict/forecast the pattern of rainy days that will generate working days calendar. The methodology of the study was conducted by collecting historical data of rainfall and the time schedule of the project. Forecasting of rainydays pattern was done with Markov chain theory and Monte Carlo simulation. Forecasting results show that the pattern of rainy days in February and December are the month with the lowest availability of working days. While March and May are the month that has the highest availability of working days. The level of availability of working days in a year is 88.8%, thus the forecasting results can be used for project scheduling. The forecasting programs will be integrated within the development of framework in forecasting rainy days of construction project scheduling models that effected by raining.

Keywords : working days, the pattern of rainy days, scheduling

Abstrak: Perencanaan jadwal pelaksanaan merupakan salah satu langkah awal yang dilakukan pemilik proyek dan kontraktor sebelum melaksanakan proyek. Dalam perencanaan ini, salah satu faktor yang sangat mempengaruhi jadwal proyek adalah cuaca khususnya curah hujan. Curah hujan yang tinggi berpotensi menimbulkan bencana dan proyek konstruksi yang dilaksanakan di lingkungan terbuka sangat sensitif terhadap pengaruh cuaca tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan peramalan pola hari hujan yang akan menghasilkan kalender hari kerja. Metodologi penelitian dilakukan dengan pengumpulan data historis curah hujan dan *time schedule* proyek. Peramalan polahari hujan dilakukan dengan teori rantai Markov dan simulasi Monte Carlo. Hasil peramalan pola hari hujan menunjukkan bahwa bulan Februari dan Desember merupakan bulan dengan ketersediaan hari kerja paling rendah. Sedangkan bulan Maret dan Mei merupakan bulan yang mempunyai ketersediaan hari kerja tertinggi. Tingkat ketersediaan hari kerja dalam satu tahun adalah 88,8 %, sehingga hasil peramalan dapat digunakan untuk penjadwalan proyek. Aplikasi program peramalan hari hujan tersebut akan diintegrasikan dalam kerangka pengembangan model penjadwalan proyek konstruksi yang memperhitungkan pengaruh hujan.

Kata kunci : hari kerja, pola hari hujan, penjadwalan.

Salah satu kriteria keberhasilan pelaksanaan suatu proyek konstruksi adalah jika waktu realisasi proyek sesuai dengan perencanaan. Perencanaan waktu merupakan salah satu langkah awal yang dilakukan pemilik proyek dan kontraktor sebelum melaksanakan proyek. Dalam perencanaan ini, hal-hal yang harus diperhatikan adalah keadaan sumber daya, volume pekerjaan, keadaan lapangan, lokasi

proyek, tenaga kerja yang menanganinya, dan cuaca.

Wilayah Indonesia memiliki dua musim yaitu musim hujan dan kemarau. Proyek konstruksi yang dilaksanakan di lingkungan terbuka (misalnya pemasangan pipa, pembangunan jembatan, dan pembangunan jalan raya) sangat sensitif terhadap pengaruh cuaca seperti hujan lebat atau angin kencang. Kondisi cuaca

buruk akan berdampak terhadap produktivitas kerja, penjadwalan, dan pembiayaan suatu proyek.

Metode perencanaan jadwal proyek yang digunakan umumnya masih belum memperhatikan faktor cuaca sehingga dalam pelaksanaan proyek risiko terjadinya keterlambatan sangat besar (Nurisra, Buraida dan Fachrurrazi, 2009). Demikian juga pemilik proyek dalam menetapkan jadwal pelaksanaan proyek terkadang tidak memperhatikan faktor cuaca dan sering dijadwalkan pada periode musun hujan. Akibatnya banyak permasalahan-permasalahan keterlambatan proyek yang bersumber dari faktor cuaca tersebut.

Kondisi cuaca dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan intensitas curah hujan. Di Indonesia, suhu dan kelembaban bersifat relatif stabil sehingga pengaruhnya pada durasi pelaksanaan kegiatan sangat kecil dan dapat diabaikan (Kusmawan, 1996). Kondisi cuaca yang sangat berpengaruh terhadap penjadwalan adalah intensitas curah hujan. Hujan yang lebat dapat menghambat laju pekerjaan sehingga pelaksanaan pekerjaan harus ditunda sampai kondisi cuaca memungkinkan. Penundaan ini dapat mengganggu jadwal pelaksanaan proyek, sehingga menyebabkan keterlambatan penyelesaian pekerjaan proyek konstruksi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana gambaran tentang pola ketersediaan hari kerja di wilayah yang ditinjau berdasarkan pengaruh curah hujan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan per-

malan pola hari hujan berdasarkan data curah hujan hari untuk mendapatkan pola ketersediaan hari kerja dalam bentuk kalender hari kerja.

KAJIAN PUSTAKA

Faktor Cuaca yang Mempengaruhi Jadwal Pelaksanaan

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan waktu atau jadwal pelaksanaan proyek konstruksi menurut Soeharto (1995) adalah jenis kegiatan, volume pekerjaan, lokasi proyek, produktivitas kerja dan kondisi cuaca. Kondisi cuaca dipengaruhi oleh faktor-faktor penentu seperti suhu, kelembaban, dan intensitas curah hujan. Apipatanavis, et al. (2010) menyatakan bahwa faktor-faktor cuaca yang mempengaruhi jadwal-proyek konstruksi antara lain:

1. Presipitasi (hujan)

Ketika hujan terjadi pada lapangan konstruksi, keadaan tanah jenuh dan penggenangan dapat menyebabkan banyak masalah dengan material, produktivitas tenaga kerja, dan peralatan.

2. Temperatur udara atau suhu

NCHRP (*National Cooperative Highway Research Program*) menyelidiki bahwa temperatur yang tinggi menghasilkan penurunan produktivitas sebesar 10-30%, ketika cuaca dingin produktivitas dari 90% pada suhu 4,44 °C (40°F) menurun sampai 10-20% pada suhu -40°C (-40°F).

3. Kecepatan angin

Efek dari kombinasi temperatur yang rendah dan angin dapat menurunkan produktivitas dan berbahaya bagi pekerja. Angin

juga dapat menyebabkan beberapa pekerjaan konstruksi terhenti.

Di Indonesia, suhu dan kelembaban bersifat stabil sehinggalupengaruhnya pada durasi pelaksanaan kegiatan sangat kecil dan dapat diabaikan. Kondisi cuaca yang sangat berpengaruh terhadap penjadwalan adalah intensitas curah hujan (Soekoto dalam Kusmawan, 1996). Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam satu satuan waktu (Sosrodarsono, 1987).

Pengaruh Hujan terhadap Pekerjaan Konstruksi

Intensitas hujan terdiri dari beberapa tingkatan sesuai besar curah hujan yang terjadi. Sosrodarsono (1987) mengklasifikasi kondisi curah hujan berdasarkan intensitas hujan menjadi hujan sangat ringan, ringan, normal, lebat dan sangat lebat.

Keadaan curah hujan mempunyai berbagai pengaruh terhadap pekerjaan konstruksi. Soekoto (1993) menyatakan bahwa intensitas hujan sebesar 10 mm telah mengganggu kegiatan proyek yang peka terhadap hujan dan biasanya kegiatan dihentikan menunggu kondisi yang memungkinkan untuk bekerja. Lamaketertundaan akibat hujan tergantung pada jenis kegiatan. Menurut PT. United Tractors (1984), maksimum ketertundaan akibat hujan berkisar antara 1 sampai dengan 3 hari. Yuwono (1993) seperti yang dikutip oleh Kusmawan (1996), meneliti pengaruh hujan pada kegiatan galian dan menyimpulkan keterundaan akibat hujan selama 2 hari. Sedangkan pada pekerjaan pengecoran keterlambatan maksimum akibat hujan selama 1 hari. Keter-

tundaan pada pekerjaan pengecoran pada umumnya disebabkan tersitanya waktu untuk memasang penutup pada lokasi yang akan dicor, lambatnya penyaluran campuran beton dari *concrete mixer* ke lokasi pengecoran, dan penurunan kinerja kru akibat licinnya tempat bekerja.

Perkiraan Pengaruh Hujan

Proyek konstruksi terdiri dari beberaparangkaian kegiatan yang saling berkaitan. Setiap kegiatan memiliki durasi yang berbeda-beda dan hubungan ketergantungan yang berbeda pula. Rangkaian kerja dan durasi kegiatan mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Ada beberapa pendekatan yang dapat dilakukan untuk memperkirakan pengaruh hujan terhadap waktu pelaksanaan proyek konstruksi yaitu:

1. Memperhitungkan faktor hujan ke dalam kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Soeharto, 1995)
2. Memasukkan faktor hujan ke dalam masing-masing kegiatan (Soeharto, 1995).
3. Didasarkan atas penambahan suatu persentase tertentu terhadap durasi kegiatan asli (Yuwono dalam Kusmawan, 1996)
4. Didasarkan pada estimasi pengaruh total dari hujan terhadap durasi proyek dan menambahkannya sebagai kegiatan terakhir dari proyek (Yuwono dalam Kusmawan, 1996).
5. Peramalan pola hari hujan (Smith dan Hancher, 1989)

Penelitian ini menggunakan metode Smith dan Hancher untuk meramal pola hari hujan. Perkiraan pengaruh cuaca/hujan pada

durasi kegiatan dengan cara Smith-Hancher (1989) adalah meramal pola hujan yang mungkin terjadi (hujan atau kering) selama durasi kegiatan berdasarkan data intensitas hujan harian dengan menggunakan probabilitas transisi Markov dan simulasi Monte Carlo. Cara ini cocok untuk diterapkan pada negara-negara dengan kondisi cuaca yang memiliki musim hujan dan musim kering/kemarau. Perkiraan pengaruh cuaca pada durasi kegiatan cara ini dibuat untuk memperbaiki kekurangan metode sebelumnya. Cara ini melibatkan data cuaca hasil pengamatan stasiun cuaca dalam perkiraan kondisi cuaca selama durasi kegiatan

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan pengumpulan data historis curah hujan dan time schedule proyek. Pada penelitian ini peramalan pola curah hujan dilakukan dengan modifikasi cara Smith dan Hancher yaitu dengan metode analisa deret Markov dan Simulasi Monte Carlo. Analisa rantai Markov adalah suatu teknik probabilitas yang menganalisis pergerakan probabilitas dari satu kondisi ke kondisi lainnya. Dalam membuat model peramalan kejadian hujan, proses Markov mempunyai kelebihan yaitu proses perkiraan dari matriks transisi sangat sederhana dan dapat dimodifikasi sesuai dengan derajat kepekaan yang diinginkan. Simulasi Monte Carlo merupakan suatu pendekatan untuk membentuk kembali distribusi probabilitas yang berdasarkan pada pemilihan atau pengandaan pemilihan bilangan acak.

Data curah hujan yang digunakan untuk melakukan peramalan pola hari hujan selama

28 tahun yaitu mulai dari tahun 1982 sampai dengan tahun 2010 yang diperoleh dari Stasiun Badan Meteorologi dan Geofisika Blang Bintang, Aceh Besar

Sebelum melakukan peramalan pola hujan harus ditentukan besarnya intensitas hujan minimum yang dianggap sebagai hari hujan. Intensitas hujan minimum merupakan nilai batas untuk menentukan keadaan hujan (H) atau keadaan kering (K). Besarnya intensitas hujan minimum ditentukan sebesar 10 mm (Soekoto, 1993). Berdasarkan data intensitas hujan yang tersedia dan nilai intensitas hujan minimum, dapat dilakukan perhitungan probabilitas transisi rantai Markov dan simulasi Monte Carlo untuk meramalkan pola hujan selama pelaksanaan proyek. Proses Markov yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan Kusnawan (1996) yaitu terbatas pada satudua-keadaan (*two state*) yaitu keadaan hujan dan keadaan tidak hujan (kering), dengan matriks transisinya yang tetap untuk setiap perubahan waktu (*first order model*). Selanjutnya dilakukan pengujian dengan uji standar kesalahan dan uji random. Dengan mengintegrasikan ramalan pola hujan tersebut dengan hari kalender (untuk mengetahui hari libur), maka dapat diketahui ketersediaan hari kerja yaitu hari kering dan bukan hari libur.

Proses peramalan pola hujan dilakukan dengan memodifikasi modul cuaca yang disusun oleh Kusmawan (1996). Modul yang disusun oleh Kusmawan tidak merinci secara jelas proses Markos dan Simulasi Monte Carlo. Modul tersebut juga disusun dalam suatu program yang menggunakan bahasa pemrograman Java.

Setelah melalui tahap perhitungan probabilitas transisi Markov dan simulasi Monte Carlo, maka pola hujan ramalan dapat disusun. Penyusunan ketersediaan hari kerja dilakukan berdasarkan kalender tahun yang ditinjau. Ketersediaan hari kerja dihitung untuk setiap bulan dalam rentang satu tahun. Jumlah hari kerja (K) dalam satu bulan adalah jumlah hari dalam satu bulan dikurang jumlah hari hujan (H).

HASIL PEMBAHASAN

Peramalan Pola Hari Hujan

Proses peramalan pola hari hujan bertujuan untuk mengetahui ketersediaan hari kerja. Proses peramalan dilakukan sesuai dengan modul peramalan pola hujan yang disusun dalam bahasa pemrograman Java. Hasil pemrograman peramalan pola hujan ditampilkan dalam bentuk kalender dalam kurun waktu satu tahun mulai dari bulan Januari sampai Desember seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 s/d 13. Kalender tersebut menggunakan notasi K untuk hari kerja dan

notasi H untuk hari hujan. Kalender hasil peramalan hari hujan dan hari kerja belum memperhitungkan hari libur seperti tanggal merah dan hari Minggu.

Kalender ketersediaan hari kerja yang telah diperoleh dapat menjadi data masukan untuk menentukan tingkat ketersediaan hari kerja bulanan dan menyusun penjadwalan waktu pelaksanaan kegiatan-kegiatan proyek konstruksi. Tingkat ketersediaan hari kerja dari hasil peramalan dapat dilihat pada Tabel.1.

Hasilnya menunjukkan bahwa bulan Februari dan Desember merupakan bulan dengan ketersediaan hari kerja yang rendah. Bulan bulan Maret dan Mei merupakan bulan yang mempunyai ketersediaan hari kerja tertinggi.

Tingkat ketersediaan hari kerja dalam satu tahun adalah 88,8 %. Nilai tingkat ketersediaan hari kerja dalam satu tahun masih berada dalam rentang aktual yaitu 84,12% - 92,85%. Dengan demikian hasil peramalan dapat diterima dan digunakan untuk penjadwalan.

Tabel 1. Persentase ketersediaan hari kerja berdasarkan peramalan

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jumlah K	29	24	30	25	30	25	28	29	26	28	28	25
% hari kerja	93,5	82,8	96,8	83,3	96,8	83,3	90,3	93,5	86,7	90,3	93,3	80,6

Penerapan Kalender Hari Kerja

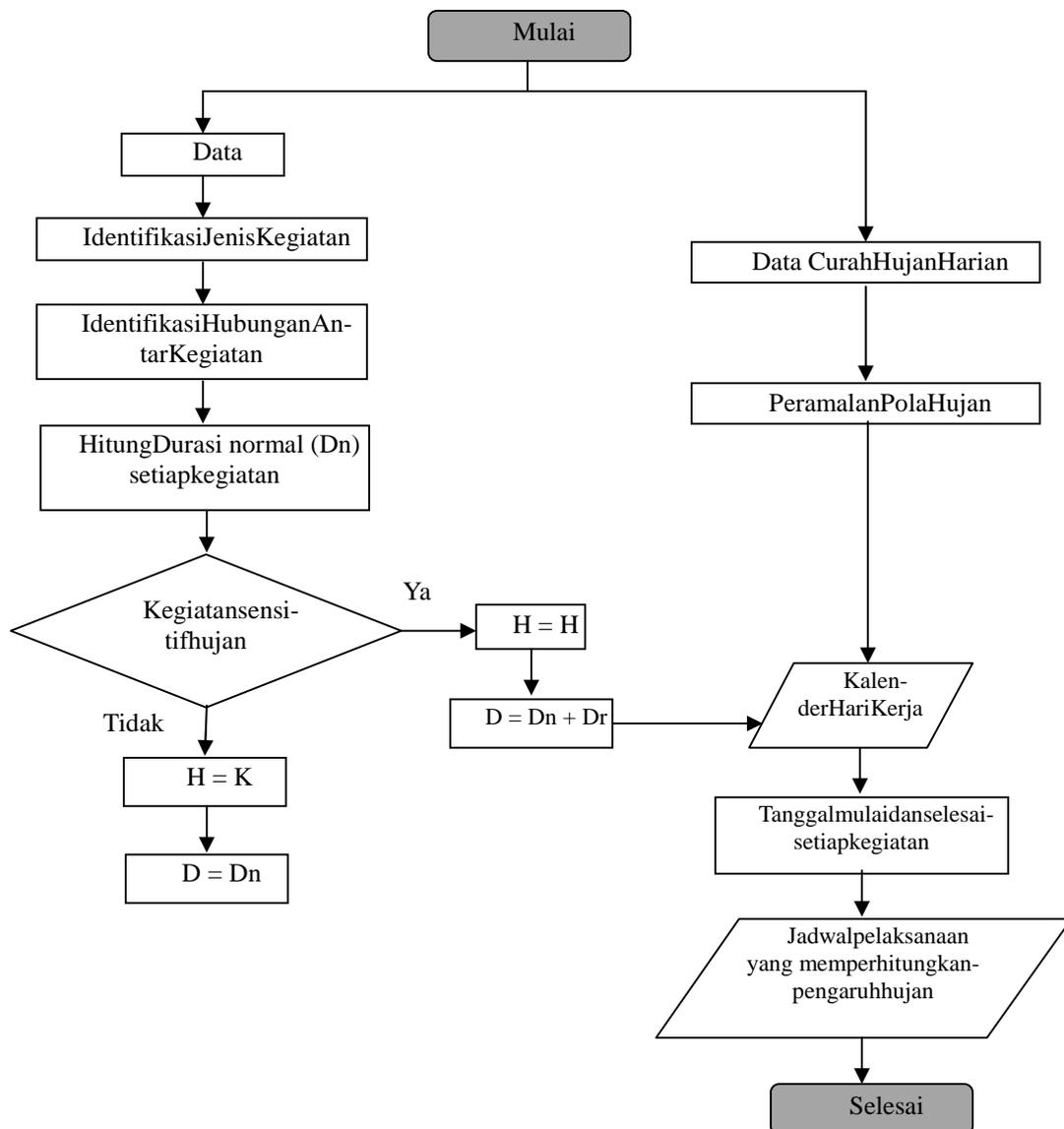
Suatu studi kasus dilakukan untuk menerapkan kalender hasil ramalan pola hujan dan hari kerja pada proyek konstruksi. Studi kasus penjadwalan dengan memperhitungkan pengaruh curah hujan diterapkan pada Proyek Pembangunan Jalan Lam Teuba – Ie Seum dan Lam Teuba – Lam Panah.

Urutan pelaksanaan setiap kegiatan disesuaikan dengan data yang telah ada. Proses penjadwalan dilakukan sesuai dengan kerangka awal pengembangan model penjadwalan. Model penjadwalan digambarkan dalam bentuk bagan alir seperti pada Gambar 1.

Perencanaan jadwal waktu pelaksanaan proyek semula adalah 21 minggu atau 147 hari

yang dimulai pada tanggal 29 Juli 2011 dan selesai pada tanggal 24 Desember 2011. Jumlah hari berdasarkan kalender tahun 2011 untuk rentang waktu sesuai jadwal rencana kontraktor adalah 150 hari. Berdasarkan kalender hasil peramalan hari hujan maka dalam rentang waktu tersebut terdapat 19 hari hujan, 8 hari libur nasional dan 123 hari kerja. Semua pekerjaan yang sensitif terhadap hujan mengalami penambahan durasi.

Akibat penambahan durasi kegiatan maka terjadi pergeseran tanggal mulai pekerjaan-pekerjaan yang mempunyai hubungan ketergantungan seperti pada pekerjaan lapis pondasi agregat kelas A, Kelas B, lapis resap pengikat dan Laston. Secara keseluruhan durasi proyek bertambah 16 hari menjadi 163 hari dan diperkirakan akan selesai pada tanggal 11 Januari 2012.



Gambar 1. Kerangka Model Penjadwalan

Tabel 2. Kalender bulan Januari

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	H	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	H				

Tabel 3. Kalender bulan Februari

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	K	K	K
2	K	H	H	K	K	K	K
3	H	K	H	K	K	H	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K						

Tabel 4. Kalender bulan Maret

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	H	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K				

Tabel 5. Kalender bulan April

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	K	H	H	K
3	K	K	K	H	K	K	K
4	K	H	K	K	H	K	K
5	K	K					

Tabel 6. Kalender bulan Mei

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	H	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K				

Tabel 7. Kalender bulan Juni

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	H	K	K	K	K	K	K
2	K	K	H	H	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	H	K	K
5	K	H					

Tabel 8. Kalender bulan Juli

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	H	K	K	K
2	H	H	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K				

Tabel 9. Kalender bulan Agustus

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	K	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	K	K	K	H	K
4	K	K	K	H	K	K	K
5	K	K	K				

Tabel 10. Kalender bulan September

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	H	K	K	K	K	H
2	K	K	K	K	K	K	K
3	K	K	H	H	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K					

Tabel 11. Kalender bulan Oktober

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	H	H	K	K	K	K
2	K	K	K	K	K	K	K
3	K	H	K	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K	K				

Tabel 12. Kalender bulan November

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	K	K	K	K	H	K	H
2	K	K	K	H	K	K	K
3	K	H	H	K	K	K	K
4	K	K	K	K	K	K	K
5	K	K					

Tabel 13. Kalender bulan Desember

Minggu	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	H	K	K	K	K	K	K
2	H	K	K	H	H	K	K
3	K	K	K	K	K	K	K
4	H	H	K	K	K	K	K
5	K	K	K				

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penerapan hasil peramalan pola hujan pada kerangka awal model penjadwalan proyek telah memperlihatkan perbedaan hasil durasi proyek dan dampaknya terhadap penundaan kegiatan. Kontraktor dapat memanfaatkan hasil peramalan tersebut untuk menyusun jadwal yang lebih realistis. Pihak pemilik proyek juga perlu memperkirakan jadwal pelaksanaan proyek yang realistis sehingga dapat memperkecil terjadi penundaan dalam pelaksanaan proyek.

Saran

Model yang telah disusun masih merupakan kerangka awal dan masih perlu penyempurnaan agar mudah diterapkan oleh pengguna seperti kontraktor, pemilik proyek dan konsultan.

DAFTAR PUSTAKA

Apipattanavis, S, et al.,(2010), "Integrated Framework for Quantifying and Predicting Weather-Related Highway Construction Delays", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 136, No. 11, halaman 1160-1168.

Jen, H., dan Chen, Y., (2009), An Analytical Model Combining Monte Carlo Simulation and PSO in Estimating Project Completion Probability of Project Duration and Costs, *Proceeding of 26th International Symposium on Automation and Robotics in*

Construction (ISARC).

- Kusmawan, A. (1996), *Estimasi Waktu dan Biaya Kegiatan pada Proyek yang Bersifat Repetitif dengan Memperhatikan Pengaruh Cuaca dan Efek Kurva Belajar*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, ITB, Bandung.
- Nurisra, Buraida, dan Fachrurrazi, (2009), *Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi di Banda Aceh*, hal 107-113, Vol. 8, No. 1, *Jurnal Teknik Sipil*, Unsyiah, Banda Aceh.
- Nurisra, Mahmuddin, dan Candra, (2005), *Tinjauan Pengaruh Curah Hujan terhadap Jadwal Pelaksanaan Konstruksi*, hal 137-145, *Prosiding Seminar Profesionalisme Teknik Sipil*, Unsyiah, Banda Aceh.
- Pan, N.F, (2005), *Assesment of Productivity and Duration of Highway Construction Activities Subject to Impact of Rain*, *Journal of Expert Systems with Application*, Elsevier.
- Smith, G.R., dan Hancher, D. E., (1989), *Estimating Precipitation Impact for Scheduling*, Vol. 154, No. 4, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, USA.
- Soeharto, I, (1995), *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasioanl*, Erlangga, Jakarta.
- Soekoto, I, (1993), *Pengendalian Pelaksanaan Konstruksi*, Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sosrodarsono, S., (1987), *Hidrologi untuk pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.